



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104338244 B

(45)授权公告日 2018.04.17

(21)申请号 201410377913.5

(22)申请日 2014.08.04

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104338244 A

(43)申请公布日 2015.02.11

(30)优先权数据

2013-164438 2013.08.07 JP

(73)专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

(72)发明人 堀能士 森山国夫 岩本朋久

田所昌宏

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

公司 11243

代理人 曾贤伟 曹鑫

(51)Int.Cl.

A61N 5/10(2006.01)

(56)对比文件

CN 101282760 A, 2008.10.08,

CN 102858407 A, 2013.01.02,

US 2009/0154650 A1, 2009.06.18,

JP 特开2002-6054 A, 2002.01.09,

审查员 糜增元

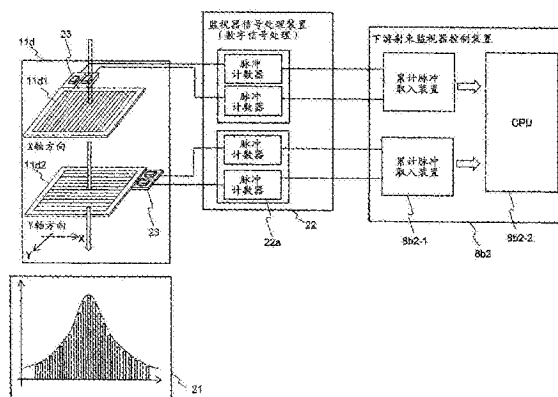
权利要求书1页 说明书18页 附图13页

(54)发明名称

射束监视系统以及粒子束照射系统

(57)摘要

本发明提供一种射束监视系统以及粒子束照射系统,能够进行准确的位置确定,并能够使是适当的照射的判断高精度化。射束监视系统,由将相邻的多个电极丝作为一个组的多个组构成电荷收集电极。另外,以对于某汇集的连续的测量通道,至少2个通道在物理上不连续的方式通过与属于组的电极丝相同个数的布线将全部电极丝与信号处理装置的通道连接起来,使得从同一布线输入从各个组中选择出的一个电极丝输出的检测信号。进而,信号处理装置22求出表示所输入的检测信号是属于哪个组的电极丝的检测信号的组信息,将包含组信息的处理信号输出到射束监视控制装置,求出通过了电极丝的带电粒子束的位置和射束宽度。



1. 一种射束监视系统,其特征在于,具备:

对通过的带电粒子束进行检测的收集电极,其具有多个将相邻的多个电极丝作为一个组的上述组,该多个组分别被分割为由相邻的多个上述电极丝构成的分区,属于某分区的各个上述电极丝与属于其他组的分区的任意一个上述电极丝分别通过同一布线以每个组不同的方式置换地连接,使得至少2个通道在物理上不连续;

信号处理装置,其输出表示输入的检测信号是属于哪个组的上述电极丝的检测信号的组信息、以及根据置换连接的信息对检测信号进行排序而求出的通过了上述电极丝的带电粒子束的射束形状;以及

射束监视控制装置,其根据从上述信号处理装置输出的处理信号,计算通过了上述电极丝的带电粒子束的射束位置和射束宽度。

2. 根据权利要求1所述的射束监视系统,其特征在于,

上述射束监视控制装置判定根据来自上述信号处理装置的处理信号求出的射束分布的拟合函数和实测值之间的每个通道的偏差是否是允许值以下,在判定为上述偏差是允许值以下时判断为适当的照射,在上述偏差比允许值大时判断为不适当的照射,输出警告用信号。

3. 根据权利要求2所述的射束监视系统,其特征在于,

作为根据来自上述信号处理装置的处理信号求出的射束分布的拟合函数和实测值之间的每个通道的偏差,上述射束监视控制装置计算方差值。

4. 一种射束监视系统,其特征在于,具备:

对通过的带电粒子束进行检测的收集电极,其具有多个将相邻的多个电极丝作为一个组的上述组,该多个组分别被分割为由相邻的多个上述电极丝构成的分区,属于某分区的各个上述电极丝与属于其他组的分区的任意一个上述电极丝分别通过同一布线以每个组不同的方式置换地连接;

射束监视控制装置,其作为接受从该收集电极的上述电极丝输出的检测信号来进行信号处理的信号处理装置,根据从上述电极丝输出的检测信号,实施对针对全部射束位置可取的分区的组合的全部排序,将对各个分区的组合的方差值的计算结果为允许值以下并且最小的情况判断为实际照射位置,计算通过了上述电极丝的带电粒子束的射束位置和射束宽度。

5. 一种粒子束照射系统,其特征在于,

具备权利要求1所述的射束监视系统。

6. 一种粒子束照射系统,其特征在于,

具备权利要求2所述的射束监视系统。

7. 一种粒子束照射系统,其特征在于,

具备权利要求3所述的射束监视系统。

8. 一种粒子束照射系统,其特征在于,

具备权利要求4所述的射束监视系统。

射束监视系统以及粒子束照射系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种带电粒子射束(粒子束)的照射系统中的监视射束位置的射束监视系统,特别涉及适合应用于向患部照射质子、碳离子等的粒子束来进行治疗的粒子束治疗装置的粒子束照射系统的射束监视系统。

背景技术

[0002] 已知向癌症等的患者的患部照射质子、碳离子等带电粒子束(粒子束、离子束)的治疗方法。用于该治疗的粒子束照射系统具备带电粒子束产生装置。通过带电粒子束产生装置加速的离子束经过第一射束输送系统和设置在旋转架台上的第二射束输送系统到达设置在旋转架台上的照射装置。离子束从照射装置出射而照射患者的患部。

[0003] 作为照射装置的照射方式,例如已知非专利文献1所记载的那样的、在通过散射体扩展射束后与患部形状一致地取出的二重散射体方式(非专利文献1的2081页、图35)、摇摆调整(wobbler)法(非专利文献1的2084页、图41)、以及使细的射束在患部区域内扫描的扫描方式(非专利文献1的2092页以及2093页)。

[0004] 在上述的射束照射法中,由于对正常细胞的影响少、不需要喷嘴内置设备这样的特征,而集中关注于扫描方式。扫描方式的特征在于:与向照射对象的照射量对应地停止带电离子束的输出,通过控制能量和扫描电磁铁来变更被称为点的带电粒子束的照射位置,在完成变更后再开始带电粒子束的出射,由此一边依次切换照射位置,一边与照射对象(患部)的形状一致地照射射束。

[0005] 在带电粒子照射系统中,为了与患部的形状一致地进行照射,在扫描电磁铁下游侧、作为照射对象的患部跟前,设置射束位置监视器(以后称为点位置监视器)。

[0006] 点位置监视器由被称为多线(multi-wire)的检测器(以后称为通道)构成,是在电容器中针对每个通道积蓄由于射束的通过而产生的电荷量,读出感生出的电压的方式的检测器。在各通道中检测出的信号是微弱的,因此在通道的下游侧设置放大器,在通道中检测出的信号(检测信号)经由放大器发送到信号处理装置。通过由信号处理装置接受来自全部多线的检测信号,能够检测射束的位置和宽度。

[0007] 为了提高点位置监视器的射束位置和射束宽度的检测精度,考虑增大通道数。在点位置监视器中,伴随着通道数,需要信号放大器、信号处理装置,射束的位置和宽度检测中对全部通道进行信号放大和信号处理,因此存在以下的问题,即通道数越是增加则监视系统越是大规模,并且越成为复杂的结构,另外成本变高。

[0008] 非专利文献1:REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS、VOLUME.64、NUMBER8、(AUGUST1993)、P2074~2093。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种射束监视系统以及具备它的粒子束照射系统,其在扫描方式的点照射中能够进行准确的位置确定,能够使是否是适当的照射的判断高精度化。

[0010] 为了解决上述问题,例如采用请求专利保护的范围所记载的结构。

[0011] 本发明包含多个解决上述问题的手段,如果列举其一个例子,则其具备检测所通过的带电粒子束的收集电极,其具有多个将相邻的多个电极丝作为一个组的上述组,该组被分割为由相邻的多个上述电极丝构成的分区,属于某分区的各个上述电极丝与属于其他组的分区的任意一个上述电极丝分别通过同一布线以在每个组中不同的方式置换地连接,使得至少2个通道在物理上不连续;接受从该收集电极的上述电极丝输出的检测信号并进行信号处理的信号处理装置,其根据计划的射束照射目标位置信息和上述置换连接的信息,对从上述电极丝输出的检测信号进行排序并作为处理信号输出;射束监视控制装置,其根据从该信号处理装置输出的处理信号,计算通过了上述电极丝的带电粒子束的射束位置和射束宽度。

[0012] 根据本发明,能够实现不只是向正确的位置的射束照射、还能够准确地检测出向错误的位置的射束照射的射束监视系统,能够在扫描方式的点照射中进行准确的位置确定,能够使是否是适当的照射的判断高精度化。

附图说明

[0013] 图1是表示本发明的粒子束照射系统的第一实施方式的整体结构的结构图。

[0014] 图2是表示构成本发明的粒子束照射系统的第一实施方式的扫描照射系统和照射控制系统的概要的结构图。

[0015] 图3是本发明的粒子束照射系统的第一实施方式中的射束监视系统的概要图。

[0016] 图4是扫描照射方式的带电粒子束照射的控制的流程图。

[0017] 图5是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道的分组处理连接的一个例子的概要图。

[0018] 图6是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图。

[0019] 图7是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图。

[0020] 图8是本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的概要图。

[0021] 图9是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图。

[0022] 图10是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图。

[0023] 图11是本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的概要图。

[0024] 图12是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的正常时的输出分布的图。

[0025] 图13是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的异常时的输出分布的图。

[0026] 图14是本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的异常时的照射位置确定的概念图。

[0027] 图15是表示本发明的射束监视系统的第二实施方式中的拟合函数和实测值的分

布的一个例子的图。

[0028] 图16是表示本发明的射束监视系统的第二实施方式中的拟合函数和实测值的分布的其他例子的图。

[0029] 图17是光栅扫描方式的带电粒子束照射的控制的流程图。

[0030] 符号说明

[0031] 1:带电粒子束产生装置;2:射束输送系统;3:扫描照射装置;4:控制系统;5:中央控制装置;6:治疗计划装置;7:加速器控制系统;8:照射控制系统;8a:患者设备控制装置;8a1:旋转架台控制装置;8a2:治疗台控制装置;8a3:嘴内设备控制装置;8b监视器监视控制装置;8b1:上游射束监视器监视控制装置;8b2:下游射束监视器监视控制装置;8b2-1:累计脉冲取入装置;8b2-2:CPU;8b3:剂量监视控制装置;8c:扫描电磁铁电源控制装置;10:治疗台;11:照射嘴;11a:上游射束监视器;11b:扫描电磁铁;11c:剂量监视器;11d:下游射束监视器;11d1:下游射束监视器(X轴方向);11d2:下游射束监视器(Y轴方向);12:带电粒子束;13:患者/患部;14:旋转架台;15:前级加速器;16:圆形加速器;21:通过电极丝测量出的测量分布;22:监视器信号处理装置(数字信号处理);23:电流/频率变换器;40:操作终端;50a:正常时分布;50b:异常时分布;51a:输出分布(正常时);52a:逆置换输出分布(正常时);51b:输出分布(异常时);52b:逆置换输出分布(异常时);60:照射位置确定处理;111a:第二实施方式中的正确的射束位置的情况下的实测值;111b:第二实施方式中的错误的射束位置的情况下的实测值;112a:第二实施方式中的正确的射束位置的情况下的拟合函数;112b:第二实施方式中的错误的射束位置的情况下的拟合函数;113b:第二实施方式中的实测值和拟合函数之间的差值;S30:扫描照射方式的加速器准备;S31:扫描照射方式的扫描电磁铁设定;S32:扫描照射方式的点剂量目标设定;S33:扫描照射方式的射束开启;S34:扫描照射方式的剂量完成;S35:扫描照射方式的射束关闭;S36:扫描照射方式的射束位置/宽度计算;S37:扫描照射方式的点照射控制流程部;S38:扫描照射方式的层/能量变更控制流程部;S39:扫描照射方式的治疗结束;S31A:光栅扫描方式的扫描电磁铁设定;S32A:光栅扫描方式的点剂量目标设定;S35A:光栅扫描方式的射束关闭;S35B:光栅扫描方式的G点扫描电磁铁设定;S35C:光栅扫描方式的G点剂量目标值设定;S36A:光栅扫描方式的射束位置/宽度计算;S37A:光栅扫描方式的点照射控制流程部;S38A:光栅扫描方式的层/能量变更控制流程部。

具体实施方式

[0032] 以下,使用附图说明本发明的射束监视系统和粒子束照射系统的实施方式。

[0033] <第一实施方式>

[0034] 使用图1~图14说明本发明的射束监视系统和粒子束照射系统的第一实施方式。

[0035] 此外,在本发明中,粒子束照射系统表示向被固定在治疗室内的治疗台(床装置)10上的患者的患部照射带电粒子束12(例如质子线、碳射线等)的系统。

[0036] 首先,使用图1~图4说明本发明的粒子束照射系统的结构。

[0037] 图1是表示本发明的粒子束照射系统的第一实施方式的整体结构的结构图,图2是表示构成本发明的粒子束照射系统的第一实施方式的扫描照射系统和照射控制系统的概要的结构图,图3是本发明的粒子束照射系统的第一实施方式中的射束监视系统的概要图,

图4是扫描照射方式的带电粒子束照射的控制的流程图。

[0038] 本实施方式的粒子束照射系统大致具备带电粒子束产生装置1、射束输送系统2、扫描照射装置3、控制系统4。

[0039] 带电粒子束产生装置1具备离子源(未图示)、前级加速器15以及圆形加速器(同步加速器)16。在本实施方式中,以同步加速器为例说明圆形加速器16,但也可以是回旋加速器等其它加速器。在前级加速器15的上游侧连接离子源,在前级加速器15的下游侧连接圆形加速器16。

[0040] 射束输送系统2连接在带电粒子束产生装置1的下游侧,将带电粒子束产生装置1和扫描照射装置3连接起来。

[0041] 扫描照射装置3是用于向患者的患部照射带电粒子束12的装置,如图2所示,大致具备载置患者13的治疗台10、照射嘴(嘴装置)11以及旋转架台14。

[0042] 治疗台10配置在治疗室内,载置患者13来进行患部的定位。

[0043] 照射嘴11中,如图2所示,从带电粒子束12的前进方向的上游侧开始按顺序地沿着射束路径配置上游射束位置监视器11a、扫描电磁铁11b、剂量监视器11c以及下游射束监视器11d。照射嘴11形成扫描射束的照射野。

[0044] 上游射束位置监视器11a测量入射到照射嘴11内的带电粒子束12的通过位置和射束宽度(射束直径)。

[0045] 扫描电磁铁11b具备:第一扫描电磁铁11b1,其使通过的带电粒子束在第一方向(例如X轴方向)上偏向/扫描;第二扫描电磁铁11b2,其使带电粒子束在与第一方向垂直的第二方向(例如Y轴方向)上偏向/扫描。在此,X轴方向是与入射到照射嘴11的带电粒子束的前进方向垂直的平面内的一个方向,Y轴方向表示在该平面内与X轴垂直的方向。

[0046] 剂量监视器11c测量通过的带电粒子束的照射剂量。即,剂量监视器11c是监视照射患者的带电粒子束的照射剂量的监视器。

[0047] 下游射束监视器11d设置在扫描电磁铁11b的下游侧,测量通过的带电粒子束的位置和射束宽度。即,下游射束监视器11d是测量通过扫描电磁铁11b扫描的带电粒子束的位置和射束宽度的监视器。

[0048] 旋转架台14是能够以等中心点(未图示)为中心旋转的结构,决定射束的照射角度。通过旋转架台14旋转,能够变更向患者10照射的带电粒子束12的照射角度。

[0049] 控制系统4如图1所示,大致具备中央控制装置5、加速器/输送系统控制系统7、以及射束输送系统控制系统8。

[0050] 中央控制装置5与治疗计划装置6、加速器/输送系统控制系统7、照射控制系统8以及操作终端40连接。该中央控制装置5具备以下功能,即根据来自治疗计划装置6的设定数据,计算用于加速器运转的运转参数的设定值、用于形成照射野的运转参数、计划的射束位置和射束宽度、剂量的设定值。这些运转参数和监视器设定值被从中央控制装置5输出到加速器控制系统7、照射控制系统8。

[0051] 加速器/输送系统控制系统7与带电粒子束产生装置1和射束输送系统2连接,控制构成带电粒子束产生装置1和射束输送系统2的设备。

[0052] 照射控制系统8与扫描照射装置3连接,控制构成扫描照射装置3的设备。

[0053] 操作终端40具备由操作者(医生、操作者等医疗工作人员)输入数据、指示信号的

输入装置以及显示画面。

[0054] 使用图2说明照射控制系统8。

[0055] 照射控制系统8具备患者设备控制装置8a、监视器监视控制装置8b以及扫描电磁铁电源控制装置8c。

[0056] 患者设备控制装置8a具备:旋转架台控制装置8a1,其控制构成旋转架台14的各设备;治疗台控制装置8a2,其移动治疗台10而进行定位控制;嘴内设备控制装置8a3,其控制配置在嘴11内的设备。其中,旋转架台控制装置8a1控制旋转架台14的旋转角度,由此控制向患者10照射的带电粒子束的照射角度。

[0057] 监视器监视控制装置8b大致具备监视控制上游射束监视器11a的上游射束监视器监视控制装置8b1、监视控制下游射束监视器11d的下游射束监视器监视控制装置8b2、监视控制剂量监视器11c的剂量监视控制装置8b3。

[0058] 上游射束监视器监视控制装置8b1具有测量入射到上游射束监视器11a的带电粒子束的射束位置和射束宽度的功能,具有判定带电粒子束中是否没有异常的功能(异常判定处理)。

[0059] 下游射束监视器监视控制装置8b2具有测量通过扫描电磁铁11b扫描并入射到下游射束监视器11d的带电粒子束的射束位置和射束宽度的功能。即,具有判定扫描的带电粒子束的射束位置和射束宽度中是否没有异常的功能(异常判定处理)。上游射束监视器监视控制装置8b1和下游射束监视器监视控制装置8b2的机构具体如下。

[0060] 上游射束监视器监视控制装置8b1接收通过上游射束监视器11a测量的测量数据来进行运算处理,求出带电粒子束通过的位置和射束宽度。在求出的射束位置处于预先决定的范围外的情况下,或在射束宽度处于预先决定的范围外的情况下,上游射束监视器监视控制装置8b1判定为射束异常,向中央控制装置5输出异常信号。

[0061] 下游射束监视器监视控制装置8b2接收通过下游射束监视器11c测量的测量数据来进行运算处理,求出带电粒子束通过的位置和射束宽度。在求出的射束位置处于预先决定的范围外的情况下,或在射束宽度处于预先决定的范围外的情况下,下游射束监视器监视控制装置8b2判定为射束异常,向中央控制装置5输出异常信号。

[0062] 中央控制装置5如果从上游射束监视器监视控制装置8b1或下游射束监视器监视控制装置8b2输入异常信号,则向加速器/输送系统控制装置7输出射束停止指令信号,使从带电粒子束产生装置1出射的带电粒子束停止。

[0063] 在本实施方式中,进行控制使得停止从带电粒子束产生装置1出射的带电粒子束,但也可以进行控制使得中央控制装置5控制射束输送系统2,停止向照射嘴11入射的带电粒子束。

[0064] 在此,带电粒子束的射束位置例如表示通过射束监视器(上游射束监视器11a或下游射束监视器11c)的带电粒子束的重心位置。

[0065] 另外,带电粒子束的射束宽度表示通过射束监视器(上游射束监视器11a或下游射束监视器11c)的带电粒子束的区域。射束宽度的求法例如有以下的方法等,即计算通过配置在与射束前进方向垂直的平面上的射束监视器(上游射束监视器11a或下游射束监视器11c)检测出带电粒子束的区域的面积的方法、计算这样的射束监视器的带电粒子束的检出区域的面积和该检出区域的宽度的方法。

[0066] 扫描电磁铁电源控制装置8c通过控制扫描电磁铁11b的电源装置(未图示),来控制扫描电磁铁11b中励磁的励磁电流,变更带电粒子束向患者10的照射位置。

[0067] 接着,使用图4说明从对患者的治疗开始到治疗结束的流程。

[0068] 在本实施方式中,以点扫描照射法为例子进行说明,即针对射束前进方向(离开患者13的体表面的深度方向)将患者13的患部分割为多个层(以下称为层),将各层分为作为多个点的小区域来照射射束。

[0069] 治疗计划装置6存储有预先取得的患者的治疗计划信息。治疗计划信息包含照射数据(射束能量信息、照射位置信息、带电粒子束对各照射位置的目标剂量值等)、以及允许值数据(上游射束监视器11a的允许射束位置信息和允许射束宽度信息、与各照射位置对应的下游射束监视器11d的允许射束位置信息和允许射束宽度信息等)。

[0070] 此外,在本实施方式中,构成为治疗计划装置6求出照射数据和允许值数据,但也可以构成为治疗计划装置6求出照射数据,中央控制装置5求出允许值数据。在该情况下,治疗计划装置6向中央控制装置5发送求出允许值所需要的数据,中央控制装置5根据接收到的数据计算允许值数据。对各层内的每个点位置确定作为照射数据的目标剂量值。

[0071] 如果将患者13固定在治疗台(床)上,则医生从操作终端40的输入装置输入准备开始信号。

[0072] 接收到准备开始信号的中央控制装置5从治疗计划装置6接受该患者的治疗计划信息,向治疗台控制装置8a2输出床位置信息。治疗台控制装置8a2根据床位置信息,使治疗台10移动使得将患者13配置在射束轴的延长线上的预定位置,进行定位。另外,中央控制装置5向旋转架台控制装置8a1输出架台角度信息。旋转架台控制装置8a1根据架台角度信息使旋转架台14旋转来配置为预定的角度。另外,中央控制装置5将每个照射位置的带电粒子束的目标剂量值、允许值数据发送到监视器控制装置8b。中央控制装置5根据包含在照射数据中的射束能量信息以及照射位置信息,计算应该在扫描电磁铁11b中励磁的励磁电流值,求出励磁电流参数,向扫描电磁铁电源控制装置8c发送励磁电流参数。进而,中央控制装置5根据治疗计划信息求出用于圆形加速器16的加速运转的运转参数、用于将从圆形加速器16出射的带电粒子束输送到照射嘴11的射束输送系统2的运转参数,将这些运转参数发送到加速器/输送系统控制系统7。

[0073] 如果治疗的准备完成,则医生从操作终端40的输入装置输入治疗开始信号。

[0074] 输入了治疗开始信号的中央控制装置5向加速器/输送系统控制系统7发送指令信号。

[0075] 接着,加速器/输送系统控制系统7对圆形加速器16和射束输送系统2设定与最初照射的层(最初的射束能量信息)相当的运转参数。如果设定圆形加速器16和射束输送系统2的运转参数,运转开始准备完成(步骤S30),则扫描电磁铁电源控制装置8c根据励磁电流参数对扫描电磁铁11b进行励磁(步骤S31)。在扫描电磁铁11b中励磁与最初的照射点对应的励磁电流后,监视器监视控制装置8b的剂量监视控制装置8b3根据与该点位置对应的目标剂量值,开始射束的照射剂量的监视(步骤S32),照射准备完成。

[0076] 如果中央控制装置5发送射束出射开始指令(步骤S33),则加速器/输送系统控制装置7启动离子源,生成带电粒子(质子或重粒子)。前级加速器15对来自离子源的带电粒子进行加速,出射到圆形加速器16。圆形加速器16进一步对带电粒子进行加速。盘旋的带电粒

子束被加速到目标能量,从圆形加速器16出射到射束输送系统2。带电粒子束经过射束输送系统2到达扫描照射装置3。带电粒子束沿着射束轴在照射嘴11内前进,通过上游射束监视器11a、扫描电磁铁11b、剂量监视器11c以及下游射束监视器11d。从照射嘴11出射的带电粒子束向患者13的患部照射。

[0077] 剂量监视控制装置8b3接受通过剂量监视器11c测量出的测量数据来进行运算处理,求出对该照射点的照射剂量。直到对最初的照射点的照射剂量值达到目标剂量值为止,持续进行带电粒子束的照射。剂量监视控制装置8b3如果判断出照射剂量值达到了目标剂量值,则向中央控制装置5输出照射完成信号(步骤S34)。中央控制装置5接受照射完成信号,停止带电粒子束的出射(步骤S35)。

[0078] 接着,通过上游射束监视器监视控制装置8b1取入通过上游射束监视器11a检测出的第一检测数据,并且通过下游射束监视器监视控制装置8b2取入通过下游射束监视器11d检测出的第二检测数据。然后,求出照射的带电粒子束的位置和射束宽度(步骤S36)。

[0079] 如果运算处理结束,射束的位置和射束宽度没有异常(如果判断为射束位置处于允许射束位置的范围内,射束宽度位于允许射束宽度的范围内),则判断照射完成的照射点是否是层内的最后的点位置。在判断为不是最后的照射点位置的情况下(“否”的情况),返回到步骤S31,扫描电磁铁电源控制装置8c变更扫描电磁铁11b的励磁电流值,使得向下一个点照射带电粒子束。

[0080] 扫描电磁铁电源控制装置8c如果根据励磁电流参数对扫描电磁铁11b进行励磁(步骤S31),则监视器监视控制装置8b的剂量监视控制装置8b3根据对下一个照射点位置的目标剂量值,再开始射束剂量的监视(步骤S32)。然后,中央控制装置5发送射束出射开始指令,由此开始向下一个照射点位置照射带电粒子束(步骤S33)。

[0081] 直到判断为照射完成的照射点是层内的最后的点位置为止(直到判断为“是”为止),重复进行从扫描电磁铁设定(步骤S31)到是否是最后的点的判定为止的控制流程(步骤S37)。

[0082] 如果向层内的全部点的照射完成,则中央控制装置5判断照射完成的层是否是对患者13的最后的层。在不是最后的层的情况下(“否”的情况),中央控制装置5向加速器/输送系统控制系统7发送指令信号。加速器/输送系统控制系统7向圆形加速器16和射束输送系统2设定与下一要照射的层相当的运转参数,开始下一运转准备(步骤S30)。

[0083] 直到全部的层照射完成为止,重复进行该控制流程(步骤S38)。如果全部的点和全部的层的照射完成,则治疗结束(步骤S39)。

[0084] 在此,说明现有方式的下游射束监视器监视控制装置的射束位置和射束宽度测量。

[0085] 在下游射束监视器监视控制装置中,通过射束位置和宽度测量处理取入下游射束监视器的全部通道数的测量数据后,减去各通道的偏移量,检索峰值通道。在检索结束后,排除峰值通道的输出的N%(例如30%)以下的的数据,进行拟合处理。然后,计算所照射的射束的位置和射束宽度。对于这样的处理,上游射束监视器监视控制装置也同样。

[0086] 在现有方式中,尽管实际上需要进行射束位置和射束宽度的计算的通道只是峰值通道输出的N%以上的通道,仍取入全部通道的数据进行处理。因此,需要与通道数对应地设置监视器信号处理装置22内的脉冲计数器、以及下游射束监视器监视控制装置8b2内的

累计脉冲取入装置。因此,在监视系统由比现有技术多的通道构成的情况下,存在还必须相应地设置较多装置的个数的问题。

[0087] 为了解决这样的问题而提出本实施方式的射束监视系统。以下,说明本实施方式的射束监视系统。

[0088] 首先,说明射束监视系统的结构。

[0089] 本实施方式的射束监视系统具备射束监视器、监视器信号处理装置以及射束监视器控制装置。在此,作为射束监视系统,以下游射束监视系统的结构为例,使用图3进行说明。此外,上游射束监视系统具有与下游射束监视系统同样的结构,是只有射束监视器的通道数不同的结构,因此省略其详细。

[0090] 下游射束监视器11d经由监视器信号处理装置22与下游射束监视器控制装置8b2连接。

[0091] 下游射束监视器11d是多线离子腔型的射束监视器。下游射束监视器11d具备检测带电粒子束的X方向的通过位置的X电极、检测Y方向的通过位置的Y电极、施加电压的高压电极(电压施加电极,未图示)、以及电流/频率变换器(脉冲发生器)23。

[0092] 在本实施方式中,以从带电粒子束的前进方向的上游侧开始顺序地配置X电极、Y电极的结构为例子进行说明,但也可以构成为按照Y电极、X电极的顺序配置。

[0093] X电极和Y电极是具有等间隔地铺设电极丝(钨丝等)的结构的电荷收集电极。构成X电极和Y电极的电极丝被配置在带电粒子束的射束轨道上,检测带电粒子束。通过向高压电极施加电压,在X电极和高压电极之间产生电场,在Y电极和高压电极之间产生电场。如果带电粒子束通过离子腔,则高压电极和X电极之间的气体以及高压电极和Y电极之间的气体电离,生成离子对。所生成的离子对通过电场向X电极和Y电极移动,被电极丝(以后称为通道)回收。因此,通过测量各通道的检测电荷量,能够测定射束形状21。另外,通过对各通道的检测电荷量进行运算处理,能够计算射束的重心位置和射束宽度。

[0094] 通过各通道检测出的电荷被输入到电流/频率变换器23。电流/频率变换器23在将接收到的电荷变换为脉冲信号后,向监视器信号处理装置22输出脉冲信号(检测信号)。

[0095] 监视器信号处理装置22具备2个脉冲计数器22a,接收输入的脉冲信号来进行信号处理。具体地说,监视器信号处理装置22的脉冲计数器根据输入的脉冲信号对脉冲数进行累计,向下游射束监视器监视控制装置8b2的累计脉冲计数器取入装置8b2-1输出累计所得的脉冲数。下游射束监视器监视控制装置8b2具备2个累计脉冲取入装置(第一累计脉冲取入装置和第二累计脉冲取入装置)。

[0096] 第一累计脉冲取入装置与和X电极连接的脉冲计数器连接,根据通过X电极检测出的信号进行脉冲数的数据收集,求出X轴方向的带电粒子束的射束位置和射束宽度。另外,第二累计脉冲取入装置与和Y电极连接的脉冲计数器连接,根据通过Y电极检测出的信号进行脉冲数的数据收集,求出Y轴方向的带电粒子束的射束位置和射束宽度。第一累计脉冲取入装置和第二累计脉冲取入装置与下游射束监视器监视控制装置8b2内的CPU8b2-2连接。

[0097] 由CPU取入通过第一累计脉冲取入装置和第二累计脉冲取入装置收集而求出的射束位置和射束宽度的数据(处理信号)。CPU根据处理信号计算通过了电极丝的带电粒子束的射束形状、射束的重心位置和射束宽度。

[0098] 在此,带电粒子束的射束形状表示与带电粒子束的射束轨道垂直的平面内(X-Y平

面)的射束的强度分布。

[0099] 下游射束监视器监视控制装置8b2也能够根据因来自X电极的检测信号产生的处理信号,求出通过X电极的带电粒子束的X轴方向的射束形状。另外,根据因来自Y电极的检测信号产生的处理信号,下游射束监视器监视控制装置8b2也能够求出通过Y电极的带电粒子束的Y轴方向的射束形状。

[0100] 在本实施方式中,构成为由下游射束监视器监视控制装置8b2分别求出X轴方向的射束形状以及Y轴方向的射束形状,但并不限于此。除此以外,也可以构成为由第一累计脉冲取入装置根据来自X电极的检测信号求出通过X电极的带电粒子束的X轴方向的射束形状,由第二累计脉冲取入装置根据来自Y电极的检测信号求出通过Y电极的带电粒子束的Y轴方向的射束形状。

[0101] 在该情况下,下游射束监视器监视控制装置8b2根据来自第一累计脉冲取入装置的X轴方向的射束形状的信息、以及来自第二累计脉冲取入装置的Y轴方向的射束形状的信息,求出X-Y平面的射束形状。

[0102] 接着,使用图5~图14说明本实施方式的使用了下游射束监视系统的射束位置和射束宽度的测定方法。

[0103] 图5是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道的分组处理连接的一个例子的概要图,图6是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图,图7是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图,图8是本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的概要图,图9是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图,图10是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的置换连接的一个例子的概要图,图11是本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的概要图,图12是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的正常时的输出分布的图,图13是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的异常时的输出分布的图,图14是表示本发明的射束监视系统的第一实施方式中的通道分组监视系统的异常时的照射位置确定的概念图。

[0104] 本实施方式的下游射束监视器11d如图3所示,具备:具有X电极和电流/频率变换器23的X轴射束监视器11d1、具有Y电极和电流/频率变换器23的Y轴射束监视器11d2。从X轴射束监视器11d1到信号处理装置22之间的结构是与Y轴射束监视器11d2的情况相同的结构,因此,在此以X轴射束监视器11d1为例子进行说明。X轴射束监视器11d1例如构成为等间隔地铺设768条电极丝(X电极),成为具有768个通道的结构。

[0105] 如图5所示,按相邻的每32个通道(ch)将全部通道分割为分区1~分区24的24个分区。即,X轴射束监视器11d1由以相邻的多个电极丝(在本实施方式中为32个通道的电极丝)作为一个分区的多个分区(在本实施方式中为24个分区)构成。这样,一个分区由相邻的多个电极丝构成。

[0106] 在按照与设置位置相关的物理排列,从端部开始按顺序地将构成X轴射束监视器11d1的电极丝表示为通道1、2、3、4、……768的情况下,分区1是通道1~32,分区2是通道33~64,……,分区23是通道705~736,分区24是通道737~768。

[0107] 另外,在本实施方式中,将相邻的4个分区作为一个组。即,将分区1~4作为组1,将

分区5~8作为组2,将分区9~12作为组3,将分区13~16作为组4,将分区17~20作为组5,将分区21~24作为组6。在此,假设以构成一个组的多个电极丝的从端到端的宽度比预定照射的带电粒子束的射束宽度大的方式构成一个组,在(1组内的分区数-1)个分区内出现射束位置和射束宽度的计算所需要的射束分布。

[0108] 在图5中,属于组1的分区1~分区4的各通道(1ch~128ch)与电流/频率变换器23连接。监视器信号处理装置22具有与电流/频率变换器23相同个数的脉冲计数器,与下游射束监视器监视控制装置8b2内的累计脉冲取入装置连接。监视器信号处理装置22具备将属于X轴射束监视器11d1的1个组的电极丝的个数(在本实施方式中为128个)和属于Y轴射束监视器11d2的1个组的电极丝的个数(在本实施方式中为128个)加起来所得的个数(在本实施方式中为256个)的脉冲计数器。信号处理装置22,为了将从构成X轴射束监视器11d1的各个组中选择出的一个电极丝输出的检测信号从同一布线向电流/频率变换器23的一个输入点输入,通过与属于组的电极丝相同个数的布线进行连接。这样,电流/频率变换器23和监视器信号处理装置22只要能够对组1的全部信号(128ch×2)进行处理运算即可。

[0109] 如果说明本实施方式的连接的方式,则如图5所示,属于某分区的各个电极丝通过分别与属于其他组的分区的任意一个电极丝相同的布线经由电流/频率变换器23与监视器信号处理装置22连接。

[0110] 例如,构成属于组2的分区5的129ch~160ch的各个电极丝与构成分区1的1ch~32ch的电极丝的任意一个连接。构成属于组3的分区9的257ch~288ch的各个电极丝与构成分区1的1ch~32ch的电极丝的任意一个连接。构成属于组4的分区13的各个电极丝与构成分区1的1ch~32ch的电极丝的任意一个连接。构成属于组5的分区17的513ch~544ch的各个电极丝与构成分区1的1ch~32ch的电极丝的任意一个连接。构成属于组6的分区21的641ch~672ch的各个电极丝与构成分区1的1ch~32ch的电极丝的任意一个连接。

[0111] 与上述同样地,构成组1的分区2、3、4的电极丝分别连接构成组2的分区6、7、8的电极丝、构成组3的分区10、11、12的电极丝、构成组4的分区14、15、16的电极丝、构成组5的分区18、19、20的电极丝、构成组6的分区22、23、24的电极丝。

[0112] 这样,通过将多个组的电极丝彼此连接起来,成为组内的电极丝1点与和组数相同个数的电流/频率变换器23连接的结构。

[0113] 另外,这样对组内的连接方法采用在分区之间按照分区的物理排列顺序(组2的分区5和组3的分区9、……、组6的分区22与组1的分区1连接)进行连接的结构,将射束分布收敛到(1组内的分区数-1)个分区内,由此能够防止跨过多个组的射束照射的情况下的输入到电流/频率变换器23的测量数据的重叠。

[0114] 这时,分区内的电极丝的连接方法,并不保持分区内的物理排列的原样,而作为组固有的排列将电极丝彼此连接起来,由此能够通过电流/频率变换器23的输入使通过电极丝测量的射束的分布形状成为组固有的分布形状。由此,能够根据分布形状判断向哪个电极丝的组进行了射束照射。以下,表示该连接方法的详细。

[0115] 另外,分区5的129ch~160ch与分区1的1ch~32ch连接,但这时,如图5所示,分区5的各通道通过置换连接P1而置换连接目的地来连接。另外,属于同一组2的分区6、7、8的各通道也同样地通过置换连接P1连接到分区2、3、4的各通道。

[0116] 组3的分区9通过与置换连接P1不同的置换连接P2,连接到分区1的各通道,同样分

区10、11、12的各通道也通过置换连接P2连接到分区2、3、4的各通道。

[0117] 组4的分区13、14、15、16通过与P1和P2不同的置换连接P3分别连接到分区1、2、3、4,组5的分区17、18、19、20通过与P1、P2、P3不同的置换连接P4分别连接到分区1、2、3、4,组6的分区21、22、23、24通过与P1、P2、P3、P4不同的置换连接P5分别连接到分区1、2、3、4。

[0118] 这样,通过针对每个组不同的置换连接,将属于某分区的电极丝和属于其他组的分区的电极丝连接起来。

[0119] 接着,使用图6~图10说明置换连接P1~P5的内容的一个例子。以下,表示在1个分区中包含32ch,将1个区间设为4ch来应用置换连接的情况的例子。

[0120] 首先,如图6所示,将1个分区分割为多个区间(例如将分区1分割为分割区间1~8,以下针对分区2~24也同样地分割为区间1~8),将该区间作为单位,进行替换区间的置换。

[0121] 例如,置换连接P1是将区间1和3、2和5、4和7、6和8替换的置换。P2是将1和4、2和7、3和5、6和8替换,P3是将1和5、2和4、3和7、6和8替换,P4是将1和7、2和6、3和5、4和8替换,P5是将1和5、2和7、3和8、4和6替换的置换。

[0122] 进而,在本实施方式中,如图7~图10所示,针对测量位置处的分区区间结构,从较小的开始对1个区间内的通道附加(1)~(4)的编号。

[0123] 首先,针对组1,如图7的组1的连接结构所示那样,不实施置换连接,而设为与测量点的通道的排列相同。

[0124] 在此,如图8所示,如果考虑射束宽度为7ch左右的细射束的情况,则考虑以下的情况,即通过削减,在计算时无视高斯分布的两端的输出值低的部分,测量位置宽度所需要的射束测量通道数收敛在1个区间(4ch)内。在该情况下,即使实施与照射射束的组不同的测量点组的逆置换,射束形状也不破坏,因此根据经由电流/频率变换器23、监视器信号处理装置22输入到下游射束监视器监视控制装置8b2的分布形状,难以判断对哪个组进行了射束照射。为了防止该情况,不只是每个区间的置换,还需要对区间内的通道进行置换。另外,如果还考虑到在最小3ch中也能够计算高斯拟合,则3ch的输出值成为离散点,因此至少2ch不连续即可。

[0125] 这样,至少2ch在置换前后的配置中不同即可,因此如图9的组2的情况所示那样,在以4ch分为区间时,在ch(1)、(2)、(3)、(4)的各个点进行各自的(循环)置换。

[0126] 具体地说,针对组2的分区5~8,如图9所示,应用以下这样的置换连接,即关于在测量点附加了编号的(1)~(4),不对奇数的编号进行置换而设为与测量点的通道的排列相同,对偶数的编号在同一分区内循环地替换各个区间的相同编号的通道。

[0127] 即,对于(2),设为与相邻1个区间的区间循环替换(使(2)的位置的数据循环地错开1个区间的量)的连接结构,对于(4),应用循环地与相邻3个区间的区间进行替换(使(4)的位置的数据循环地错开3个区间的量)的连接结构。由此,置换前后的通道的排列的关系成为(1)固定、(2)相邻1个区间、(3)固定、(4)相邻3个区间。

[0128] 对于组3、组4等其他组,也应用对组2应用那样的使电极丝连接对每个组分别独立那样的(循环)置换。

[0129] 例如,如图10所示,组3的分区9~12应用(1)固定、(2)相邻2个区间、(3)固定、(4)相邻4个区间那样的(循环)置换。组4的分区13~16应用(1)固定、(2)相邻3个区间、(3)固定、(4)相邻5个区间那样的(循环)置换。组5的分区17~20应用(1)固定、(2)相邻4个区间、

(3) 固定、(4) 相邻6个区间那样的(循环)置换。组6的分区21~24应用(1) 固定、(2) 相邻5个区间、(3) 固定、(4) 相邻7个区间那样的(循环)置换。

[0130] 由此,将电极丝与电流/频率变换器23的通道连接起来,使得区间内的连续的4个测量通道中的相邻的2个通道在物理上不连续。

[0131] 此外,在图9和图10中,(2)、(4)的右下所附加的数字相当于(循环)置换前的区间编号。

[0132] 接着,说明本实施方式中的动作。

[0133] 信号处理装置22如果从电极丝接收到检测信号,则求出表示输入的检测信号是属于哪个组的电极丝的检测信号的组信息。另外,信号处理装置22根据置换连接的信息对检测信号进行排序(进行逆置换),求出通过了电极丝的带电粒子束的射束形状。信号处理装置22经由下游射束监视器控制装置8b2的累计脉冲取入装置8b2-1,将包含求出的组信息和射束形状的信息的处理信号发送到CPU8b2-2。此外,也可以由信号处理装置22所具备的存储装置存储接收到的检测信号,对存储的检测信号进行处理后发送处理信号。下游射束监视器控制装置8b2根据接收到的射束形状的信息和组信息,求出通过了电极丝的带电粒子束的射束位置和射束宽度。下游射束监视器控制装置8b2将求出的射束位置和射束宽度显示在操作终端40所具备的显示画面上。

[0134] 首先,在图11中,考虑如正常时50a那样能够如通过治疗计划装置6确定的目标那样进行射束照射的情况。

[0135] 假设向分区19照射射束。在该情况下,在分区19中检测出的值通过置换连接P4被置换后与分区3连接,发送到电流/频率变换器23。这时的输出如图12所示,如输出分布(正常时)51a那样由于P4的置换的影响而不得到高斯分布。此外,在图12中,为了容易理解,针对区间内的循环置换表示已经进行了逆变换后的例子。

[0136] 但是,预先通过治疗计划装置6确定了向哪里照射射束。因此,根据通过治疗计划装置6制作的治疗计划数据,还能够预测实际照射射束被实施了P1~P5的哪个置换连接。

[0137] 在本实施方式中,将分区19作为计划目标位置,因此能够预测为通过P4被置换。因此,通过在监视器信号处理装置22中进行P4的逆置换,如逆置换分布(正常时)52a那样得到高斯分布。由于得到高斯分布,所以明确了实际的照射位置和计划数据中的照射位置一致,能够正确地求出射束位置和射束宽度。另外,电流/频率变换器23和监视器信号处理装置22只要1个组内的通道的数量,因此能够实现低成本的监视系统。

[0138] 接着,考虑如图11的异常时50b那样实际的射束照射与基于治疗计划的目标照射位置不同的情况。

[0139] 例如,考虑相对于目标照射位置是分区19而实际的射束照射位置是分区7的情况。

[0140] 在这样的情况下,如图13所示,在分区7中检测出的值在通过P1置换后发送到电流/频率变换器23,得到输出分布(异常时)51b。但是,基于治疗计划的目标照射位置是分区19,因此针对输出在监视器信号处理装置22中进行P4的逆置换,其结果所得到的分布为逆置换输出分布(异常时)52b,无法得到高斯分布。

[0141] 在该情况下,下游射束监视器监视控制装置8b2向中央控制装置5输出表示射束的错误(位置、宽度的异常状态或不能计算)的错误信号。接收到错误信号的中央控制装置5向加速器/输送系统控制系统7输出射束停止信号,使从圆形加速器16出射的带电粒子束停

止。

[0142] 另外,下游射束监视器监视控制装置8b2实施照射位置确定处理60。由此,确定异常照射了带电粒子束的位置。

[0143] 作为照射位置确定处理60,例如如图14所示,针对发生了异常照射的输出分布,按顺序地实施P1的逆置换、P2的逆置换、……,确定得到高斯分布的置换连接。由此,能够正确地知道向哪个通道进行了异常照射。在本实施方式的情况下,通过P1的逆置换得到高斯分布,因此明确了向组2的特定的通道进行了异常照射。

[0144] 另外,在射束宽度变化了的情况下,对某范围的任意的射束宽度进行考虑了置换连接的模拟,并将其结果和实际照射分布进行比较,由此能够确定射束位置和射束宽度。

[0145] 该模拟,在计算机上模拟实际的射束监视系统中的从传感器部到脉冲发生器输入前为止,将异常照射时的实际照射分布设想为高斯分布,提供以一定的间隔使射束位置和射束宽度从某值分别变化到某值为止的输入,对应用了根据射束位置决定的置换连接的各个计算机输出结果和实际照射的输入到信号处理装置22或下游射束监视器控制装置的分布进行比较,求出一致的部分,求出异常照射时的射束位置、射束宽度。

[0146] 在本实施方式中,为了容易理解而说明了射束收敛到组内的情况,但除此以外,考虑向包含多个组的位置的照射的情况。在该情况下,也对每个分区实施分区所属的组的置换,因此以分区为单位根据各个分区所属的组的置换信息实施逆置换,由此即使是包含多个组的位置处的射束分布,也能够确定正确的射束的位置、宽度,以及判断射束位置宽度的正常、异常。

[0147] 具备本实施方式的射束监视系统的粒子束照射系统对电极丝进行分组,在对每个组实施不同的连接方法的简单结构的多线型监视器的射束监视系统中,限定在计算带电粒子束的位置和射束宽度时利用的通道。因此,不需要准备与全部通道对应的放大器和信号处理装置。

[0148] 对本实施方式的射束监视系统和现有的射束监视系统进行比较。

[0149] 在现有的射束监视系统的情况下,在X轴射束监视器由768条电极丝构成的情况下,配置在其后级的脉冲发生器和脉冲计数器分别设置与电极丝的个数(通道数)相同个数的768个。在Y轴射束监视器由768条电极丝构成的情况下,同样,配置在其后级的脉冲发生器和脉冲计数器分别设置768个。因此,现有的监视系统具有768个脉冲发生器和768个脉冲计数器。

[0150] 相对于这样的现有的监视系统,在本实施方式的射束监视系统的情况下,在X轴射束监视器由768条电极丝构成的情况下,通过具备比电极丝的个数(通道数)充分少的个数的128个脉冲发生器和128个脉冲计数器的结构,能够求出带电粒子束的射束位置和射束宽度。

[0151] 另外,本实施方式的射束监视系统由将相邻的多个电极丝作为一个组的多个组构成电荷收集电极。另外,以对于某汇集的连续的测量通道而至少2个通道在物理上不连续的方式通过与属于组的电极丝相同个数的布线将全部电极丝与信号处理装置的通道连接起来,使得从同一布线输入从各个组中选择出的一个电极丝输出的检测信号。进而,信号处理装置22具有以下的结构,即求出表示所输入的检测信号是属于哪个组的电极丝的检测信号的组信息,将包含组信息的处理信号输出到射束监视器控制装置,在射束监视器控制装置

中求出通过了电极丝的带电粒子束的位置和射束宽度。

[0152] 因此,能够通过简单的结构构筑监视系统。另外,根据本实施方式,通过对每个组变更电极丝的连接方法,能够正确地知道照射位置,能够实现可靠性高的监视系统。

[0153] 另外,如果单纯地进行替换区间的置换,则在照射计算位置宽度所需要的通道数收敛到区间内的射束宽度窄的射束的情况下,由于分布形状与置换连接的有无、种类无关地不变化,所以测量位置处的射束的分布形状与置换连接后的电流/频率变换器23中的射束的分布形状一致,有可能无法检测出错误照射射束。但是,根据本实施方式的置换连接的结构,即使是能够最低限度确认射束的分布的3ch左右的细射束,也针对某汇集的连续的测量通道,使得至少2个通道在物理上不连续地使电极丝与信号处理装置的通道连接,由此测量位置处的射束的分布形状由于置换连接而破坏。因此,能够使测量位置处的射束分布在信号处理装置22中对每个组必定变化,能够正确地检测在位置宽度计算中产生偏差而向错误的位置的照射。

[0154] 由此,本实施方式的监视系统能够正确地管理对患者的照射剂量/照射位置。

[0155] 具备本实施方式的射束监视系统的粒子束照射系统对扫描照射细的带电粒子束的方式特别有效。即,为了进行高精度的照射需要细直径的射束,成为测量射束轮廓(profile)的多线型监视器的每单位长度的电极丝数增加的方向,但同时照射带电粒子束的电极丝是全部电极丝的极少一部分。本实施方式的射束监视系统设为只对与同时照射带电粒子束的范围相当的个数的电极丝信号进行信号处理的方式,构成为将其他电极丝与相当于照射范围的个数的电极丝连接,因此能够实现低成本并且高可靠性。

[0156] 具备本实施方式的射束监视系统的粒子束照射系统对每个组变更电极丝的连接方法,因此能够正确地知道照射位置,能够实现可靠性高的监视系统。

[0157] <第二实施方式>

[0158] 使用图15和图16说明本发明的射束监视系统和粒子束照射系统的第二实施方式。

[0159] 图15是表示本发明的射束监视系统的第二实施方式的拟合函数和实测值的分布的一个例子的图,图16是表示本发明的射束监视系统的第二实施方式的拟合函数和实测值的分布的其他例子的图。

[0160] 第二实施方式的射束监视系统,在上游射束监视器监视控制装置8b1或下游射束监视器监视控制装置8b2中,作为判断是适当的照射的条件,除了射束位置和射束宽度的计算结果为允许值以下的条件,还应用在根据测量结果的分布求出的拟合函数和实测值之间的每个通道的差值的平方和的平均值(方差值)为允许值以下的情况下判断是适当的照射的条件。

[0161] 上述上游射束监视器监视控制装置8b1或下游射束监视器监视控制装置8b2的判断条件以外的结构,与第一实施方式的射束监视系统和粒子束照射系统大致相同,因此省略详细。

[0162] 接着,与第一实施方式同样地,使用下游射束监视器监视控制装置8b2说明本实施方式中的动作。

[0163] 监视器信号处理装置22如果从电极丝接收到检测信号,则求出表示所输入的检测信号是属于哪个组的电极丝的检测信号的组信息。另外,监视器信号处理装置22根据置换连接的信息对检测信号进行排序,求出通过了电极丝的带电粒子束的射束形状。如第一实

施方式那样,也可以构成通过下游射束监视器监视控制装置8b2实施本处理。

[0164] 下游射束监视器监视控制装置8b2根据接收到的射束形状的信息,求出通过了电极丝的带电粒子束的射束宽度。另外,下游射束监视器监视控制装置8b2根据接收到的射束形状的信息和组信息,求出通过了电极丝的带电粒子束的射束位置。

[0165] 进而,下游射束监视器监视控制装置8b2在计算位置宽度时,计算拟合函数和实测值之间的差值的平方和的平均值(方差值)。

[0166] 如果将用于射束位置宽度计算的通道数设为 n ,将测量通道设为 x ,将拟合函数表示为 $f(x)$,将实测值表示为 $M(x)$,则通过以下的式(1)计算方差值 σ^2 。

[0167] 式1

$$[0168] \quad \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f(x) - M(x))^2$$

[0169] 在此基础上,在方差值 σ^2 为某值(允许值)以下($\sigma^2 \leq \text{Const.}$ (Const.表示某固定值))时,判定为是正常的射束位置的照射,在方差值 σ^2 比允许值大时,判定为是不正常的射束位置的照射。下游射束监视器监视控制装置8b2向中央控制装置5输出表示射束的错误的错误信号。

[0170] 具体地说,如图15所示,在正常的射束位置的逆置换后的计算的情况下,通过计算处理部实施了逆置换后的实测值111a,在拟合函数112a上或近旁出现实测值。

[0171] 在该情况下,拟合函数112a和实测值111a之间的差值非常小,方差值也为允许值以下。因此,下游射束监视器监视控制装置8b2判定为正常的射束位置的照射,下游射束监视器监视控制装置8b2将求出的射束位置和射束宽度显示在操作终端40所具备的显示画面上,显示带电粒子束的射束位置和射束宽度。

[0172] 对此,如图16所示,存在以下的情况,即在错误的射束位置的逆置换后的计算中,与实测值的分布离散无关地,拟合函数112b非常类似于表示正常的射束的函数。

[0173] 在该情况下,实测值111b相对于拟合函数112b的偏差变大,因此方差值比允许值大。因此,下游射束监视器监视控制装置8b2判定为不是正常的射束位置的照射,向中央控制装置5输出表示射束的错误的错误信号。另外,下游射束监视器监视控制装置8b2实施照射位置确定处理60。

[0174] 在本发明的射束监视系统和粒子束照射系统的第二实施方式中,也能够得到与上述的射束监视系统和粒子束照射系统的第一实施方式大致相同的效果。

[0175] 即,能够通过简单的结构构筑监视系统,能够实现低成本并且可靠性高的监视系统。

[0176] 另外,在实施在第一实施方式中说明的那样的以数通道为单位整体地在分区内进行替换那样的置换的情况下,通过观察信号处理部的分布形状,能够容易地检测出误照射。但是,在射束位置宽度的计算方面进行分布的拟合处理,因此在整体地实施替换通道的置换所得的分布中,根据拟合的方法,即使是对错误的射束位置的拟合函数,也有可能作为与对正确的射束位置的拟合函数接近的函数而求出。

[0177] 对此,除了位置和宽度的计算结果是否是允许值以下的判断条件,还追加在根据分布求出的拟合函数和实测值之间的每个通道的差值的方差值为允许值以下的情况下判

断为是适当的照射的条件,由此,对实测值和计算中使用的拟合函数之间的偏差进行评价,能够更正确地判断是否是适当的射束位置,能够实现在计算方面正确地检测误照射的监视系统。

[0178] 此外,在上述实施方式中,作为信号处理装置22中的判断为是适当的照射的条件,将方差值作为判断的条件的基准而进行了误照射检测,但判断条件并不限于此,可以将对各个通道的拟合函数和实测值之间的差值作为判断的条件的基准。

[0179] <第三实施方式>

[0180] 使用图17说明本发明的射束监视系统和粒子束照射系统的第三实施方式。

[0181] 图17是光栅扫描方式的带电粒子束照射的控制的流程图。

[0182] 第一实施方式是具备点扫描照射法中的监视射束位置和射束宽度的射束监视系统的粒子束照射系统,与此相对,本实施方式的粒子束照射系统具备光栅扫描照射法中的监视射束位置和射束宽度的射束监视系统。

[0183] 本实施方式的粒子束照射系统具备以下的光栅扫描照射法中的监视射束位置和射束宽度的射束监视系统,其在射束前进方向上将患者13的患部分割为多个层,在各层中保持持续带电粒子束的照射(保持射束开启),扫描带电粒子束。

[0184] 以下,针对本实施方式的粒子束照射系统,参照图17说明与第一实施方式不同的结构、动作。

[0185] 如果治疗的准备完成,则医生从操作终端40的输入装置输入治疗开始信号。

[0186] 输入了治疗开始信号的中央控制装置5向加速器/输送系统控制系统7发送指令信号。

[0187] 加速器/输送系统控制系统7对圆形加速器16和射束输送系统2设定与最初照射的层(最初照射的射束能量信息)相当的运转参数。如果设定圆形加速器16和射束输送系统2的运转参数而准备完成(步骤S30),则扫描电磁铁电源控制装置8c根据励磁电流参数,对扫描电磁铁11b进行励磁(步骤S31A)。在扫描电磁铁11b中励磁与最初的照射位置对应的励磁电流后,监视器监视控制装置8b的剂量监视控制装置8b3根据对该点位置的目标剂量值,开始射束剂量的监视(步骤S32A),照射准备完成。

[0188] 如果中央控制装置5发送了射束出射开始指令(步骤S33),则加速器/输送系统控制装置7启动离子源,生成带电粒子(质子或重粒子)。前级加速器15对来自离子源的带电粒子进行加速,出射到圆形加速器16。圆形加速器16进一步对带电粒子束进行加速。盘旋的带电粒子束被加速到目标能量,从圆形加速器16出射到射束输送系统2。带电粒子束经过射束输送系统2到达扫描照射装置3。进而,带电粒子束沿着射束轴在照射嘴11内前进,通过上游射束监视器11a、扫描电磁铁11b、剂量监视器11c以及下游射束监视器11d。从照射嘴11出射的带电粒子束向患者13的患部照射。

[0189] 剂量监视控制装置8b3接受通过剂量监视器11c测量出的测量数据进行运算处理,求出对该照射位置的照射剂量,并且直到对最初的照射位置的照射剂量值达到目标剂量值为止持续进行带电粒子束的照射。剂量监视控制装置8b3如果判断出照射剂量值达到了目标剂量值,则向中央控制装置5输出照射完成信号(步骤S34)。

[0190] 通过上游射束监视器监视控制装置8b1取入通过上游射束监视器11a检测出的第一检测数据,并且通过下游射束监视器监视控制装置8b2取入通过下游射束监视器11d检测

出的第二检测数据,求出照射的带电粒子束的位置和射束宽度(步骤S35A)。如果运算处理结束,射束的位置和射束宽度没有异常(如果判断为射束位置处于允许射束位置的范围,射束宽度位于允许射束宽度的范围内),则判定照射完成的照射位置是否是层内的最后的照射位置。在判断为不是最后的照射位置的情况下(“否”的情况),扫描电磁铁电源控制装置8c根据励磁电流参数进行点扫描电磁铁的设定(步骤S35B),监视器监视控制装置8b进行点剂量目标值设定(步骤S35C)。

[0191] 返回到步骤S34,直到判断为照射完成的照射点是层内的最后的点位置为止(直到判断为“是”为止),重复进行从剂量完成的判断步骤S34到是否是最后的点的判定为止的控制流程37A。

[0192] 如果向层内的全部点的照射完成,则中央控制装置5判断照射完成的层是否是对患者13的最后的层(步骤S36A)。在不是最后的层的情况下(“否”的情况),中央控制装置5向加速器/输送系统控制系统7发送指令信号。加速器/输送系统控制系统7向圆形加速器16和射束输送系统2设定与下一个要照射的层相当的运转参数,开始下一个运转准备(步骤S30)。

[0193] 到全部的层照射完成为止重复该控制流程38A。如果全部的点和全部的层的照射完成,则治疗结束39。

[0194] 在上述流程中,上游射束监视器监视控制装置8b1和下游射束监视器监视控制装置8b2实施与第一实施方式同样的处理。

[0195] 这样,本实施方式的粒子束照射系统实现以下的光栅扫描照射法,即在使带电粒子束出射的状态下变更照射位置,向患部进行射束照射。

[0196] 在本发明的射束监视系统和粒子束照射系统的第三实施方式中,也能够得到与上述的射束监视系统和粒子束照射系统的第一实施方式大致相同的效果。

[0197] 即,能够通过简单的结构构筑监视系统,能够实现低成本并且可靠性高的监视系统。

[0198] 此外,本实施方式的粒子束照射系统也能够应用于具备第二实施方式的监视射束位置和射束宽度的射束监视系统的粒子束照射系统。

[0199] <其他>

[0200] 此外,本发明并不限于上述实施方式,能够进行各种变形、应用。

[0201] 例如,监视器的通道、分区以及组能够由任意数构成。置换连接针对区间内的通道,在奇数的情况下没有置换连接,在偶数的情况下对每个通道实施(循环)置换连接,但能够通过以下的任意的连接方法来实施,即针对某汇集的连续的测量通道,将电极丝与信号处理部的通道连接使得至少2个通道在物理上不连续。

[0202] 另外,为了容易理解地说明本发明而详细说明了上述实施方式,并不限于一定具备所说明的全部结构。

[0203] 例如,在实施方式中,信号处理装置由包含电流/频率变换器和脉冲计数器的数字监视器信号处理装置构成,但也可以由对电荷进行积分,变换为电压来输出的电路、将电流变换为电压来输出的模拟监视器信号处理装置构成。

[0204] 另外,监视器的通道、分区以及组能够由任意数构成,组内的置换连接也可以不相同。

[0205] 另外,置换连接在将1个分区分割为多个区间后,进行基于区间之间的替换的置换,但并不限于此,能够通过任意的置换方法来实施。

[0206] 进而,示例了将信号处理装置和射束监视控制装置安装在不同装置中的情况,但也可以安装在同一装置内。

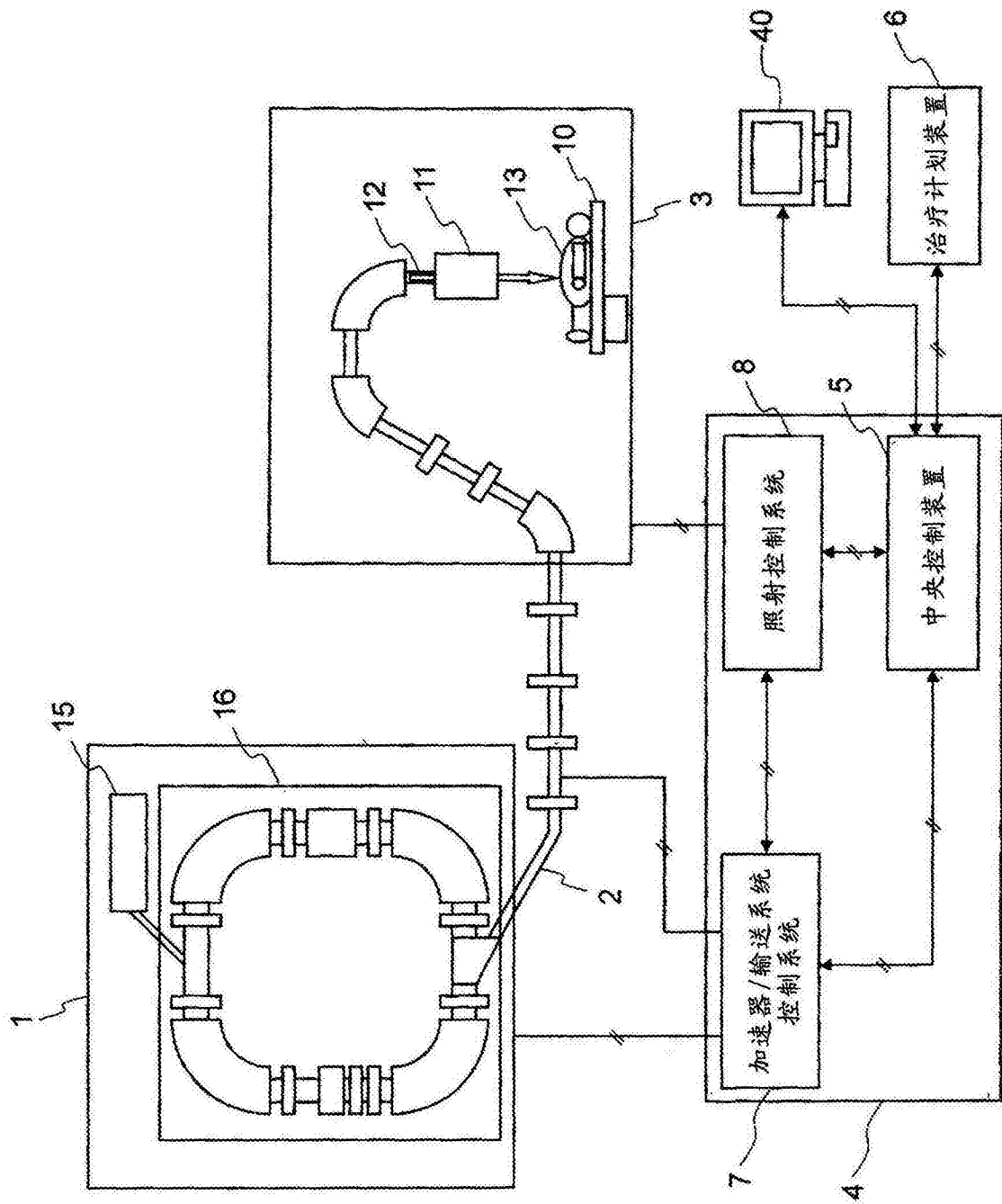


图1

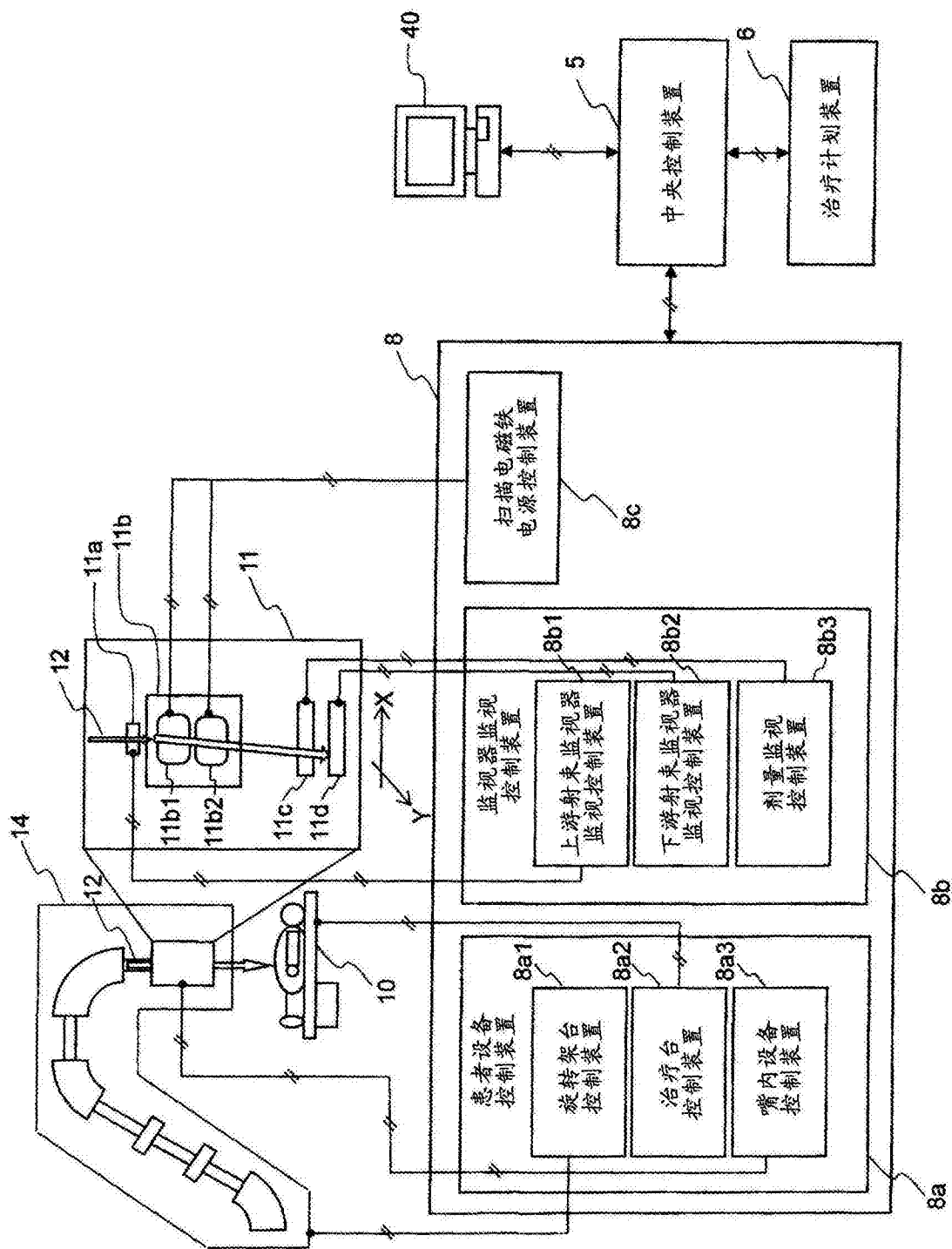


图2

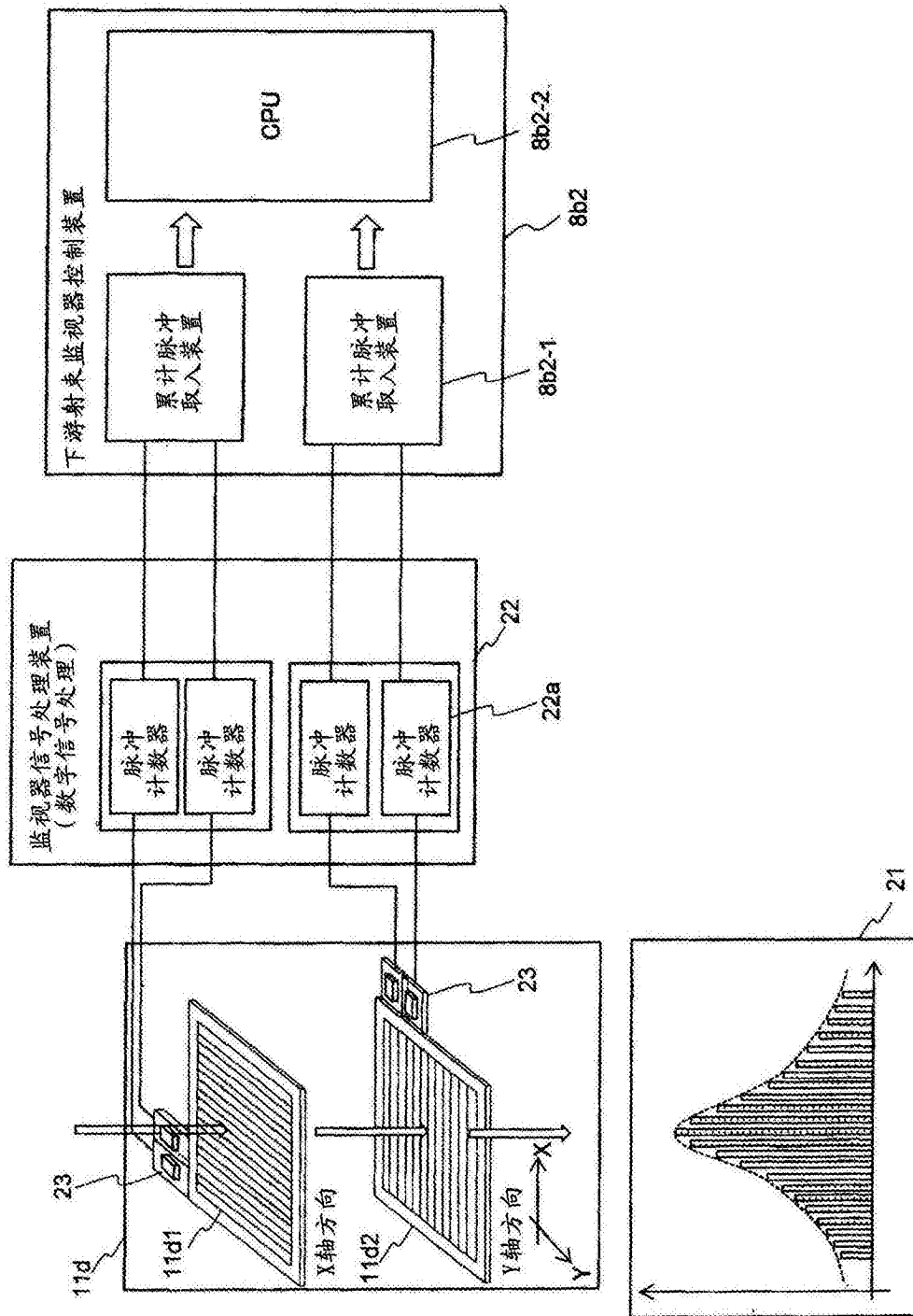


图3

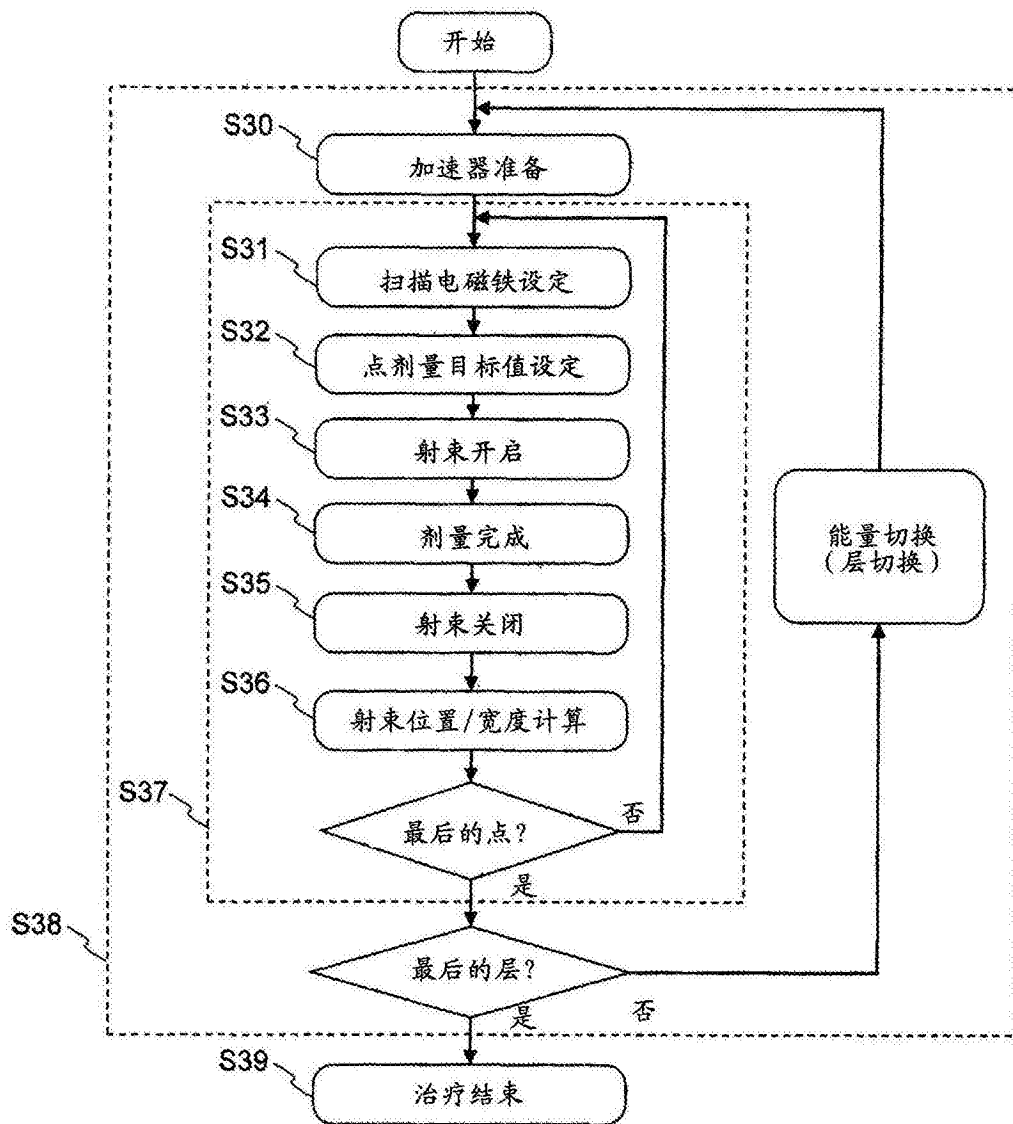


图4

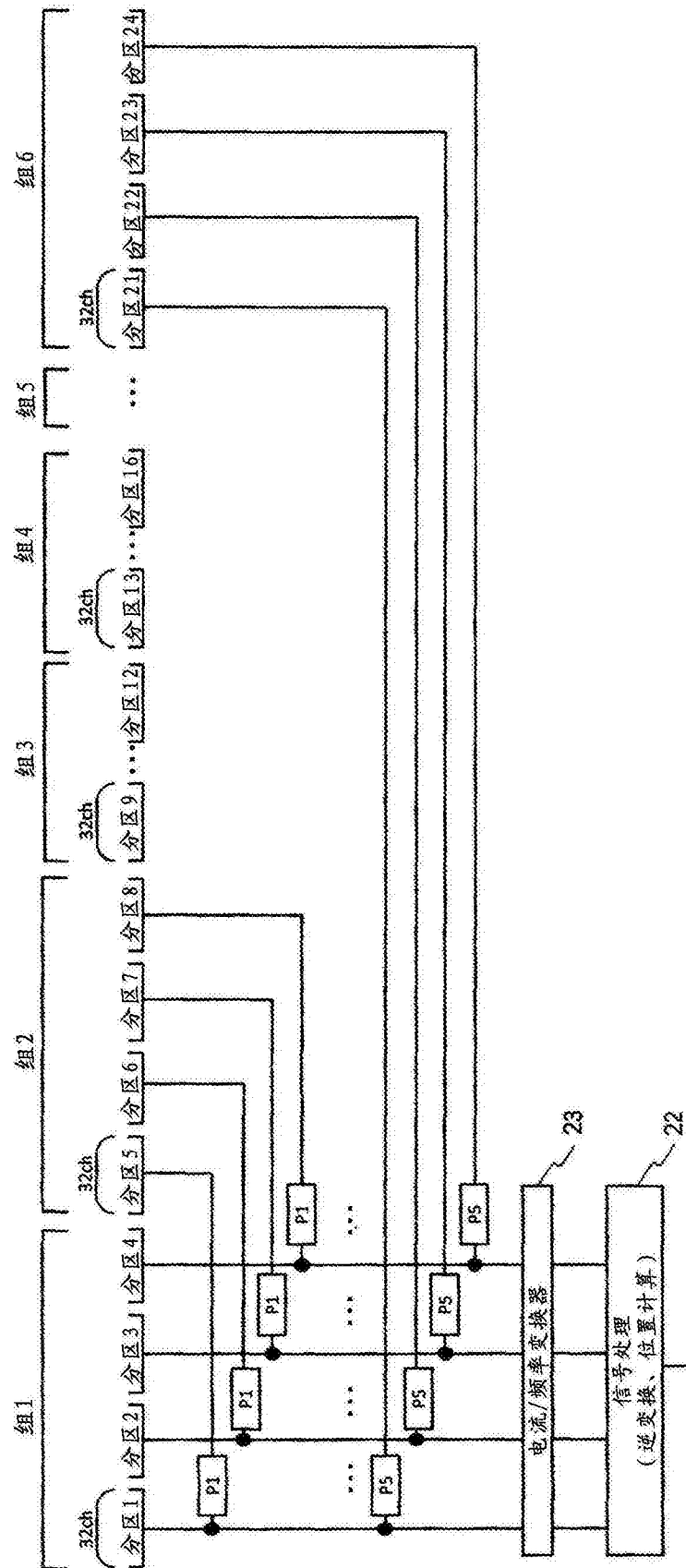


图5

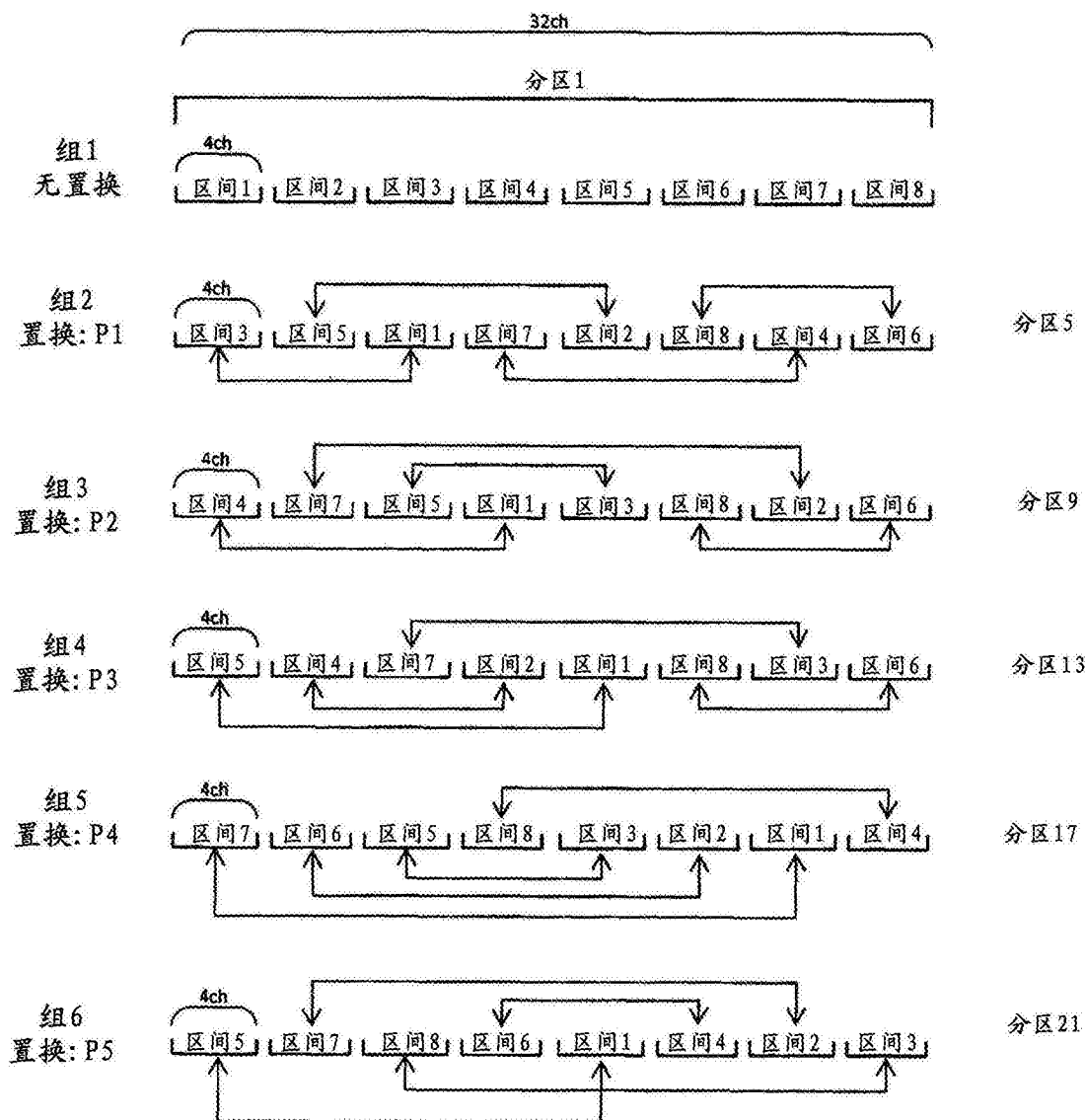


图6

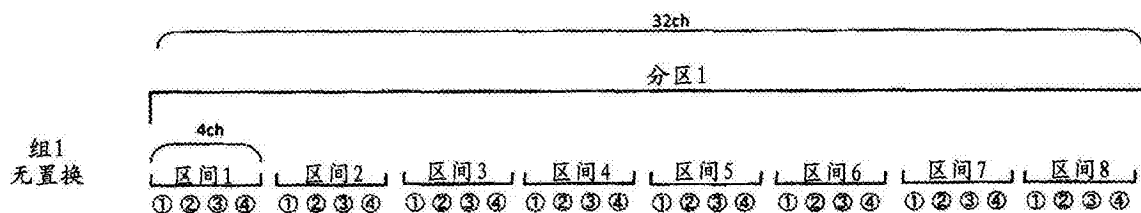


图7

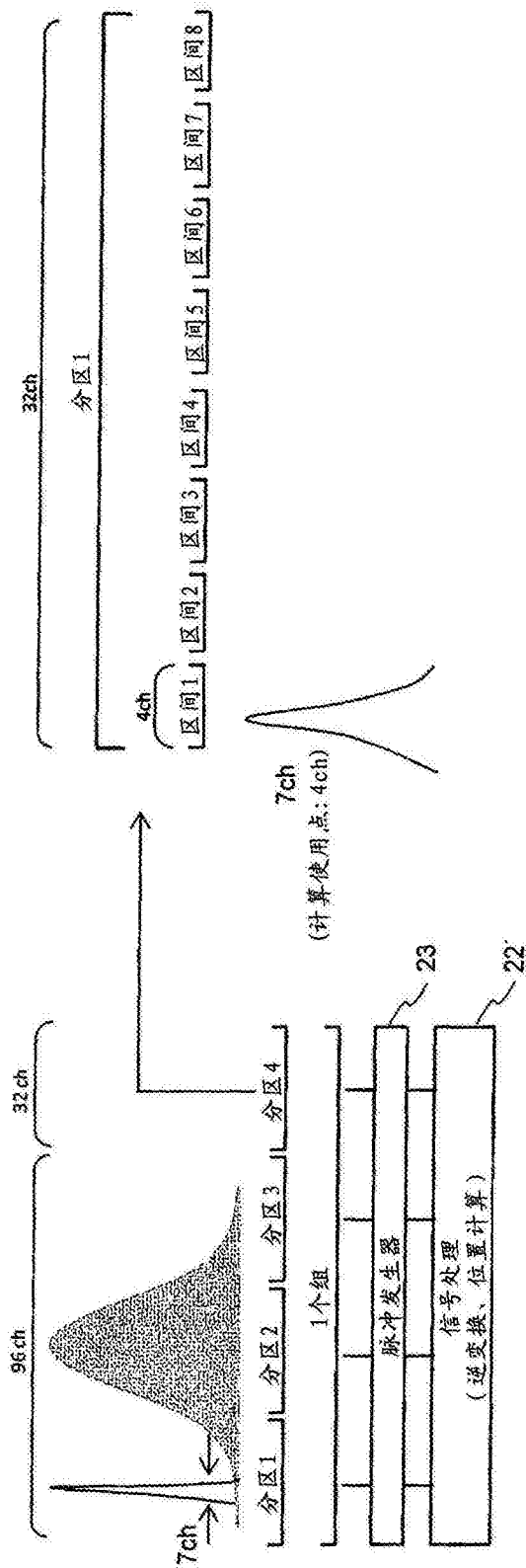


图8

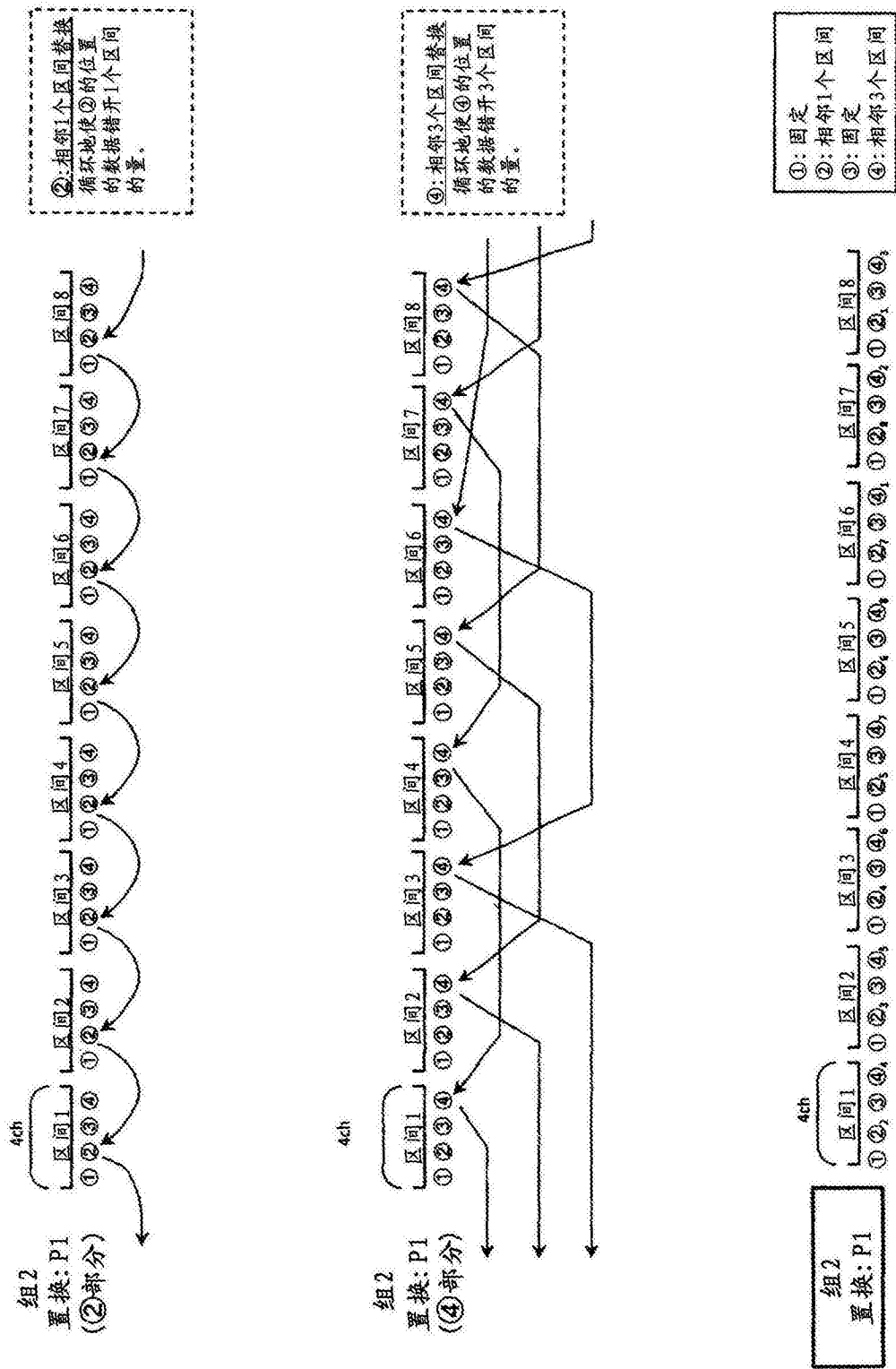


图9

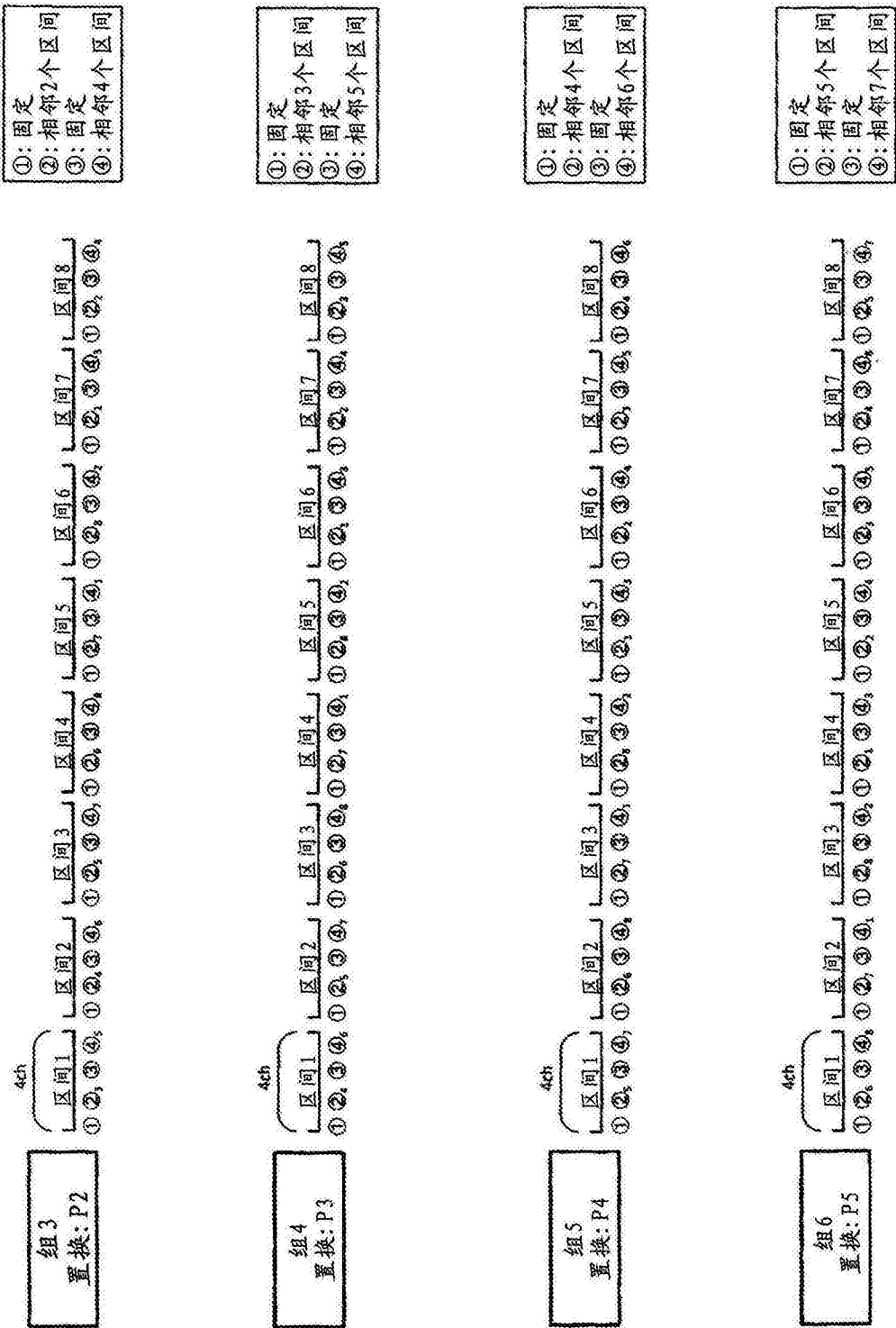


图10

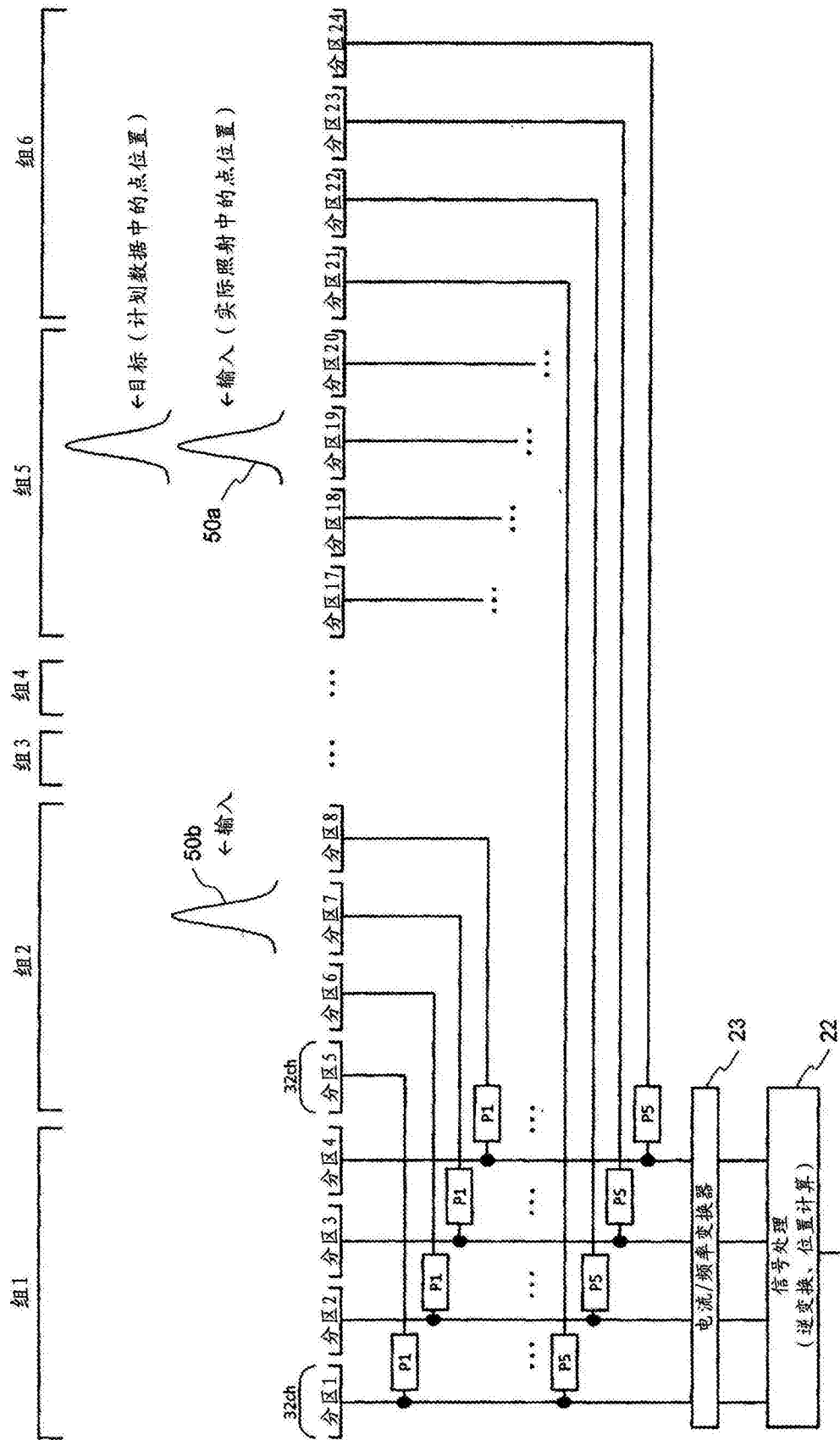


图11

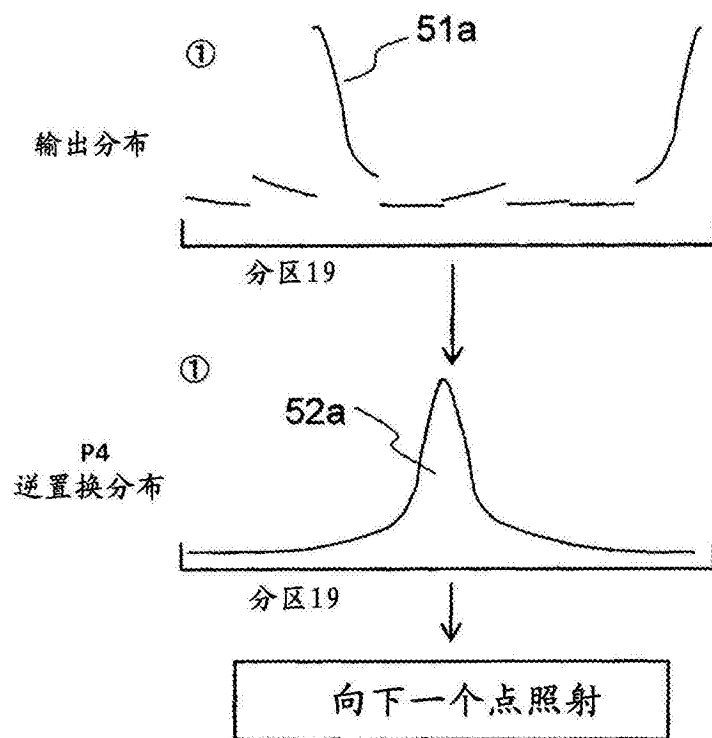


图12

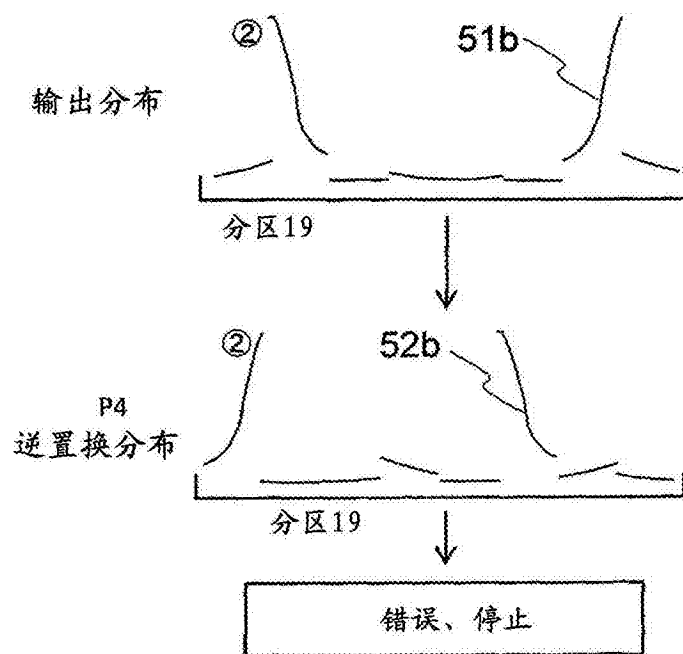


图13

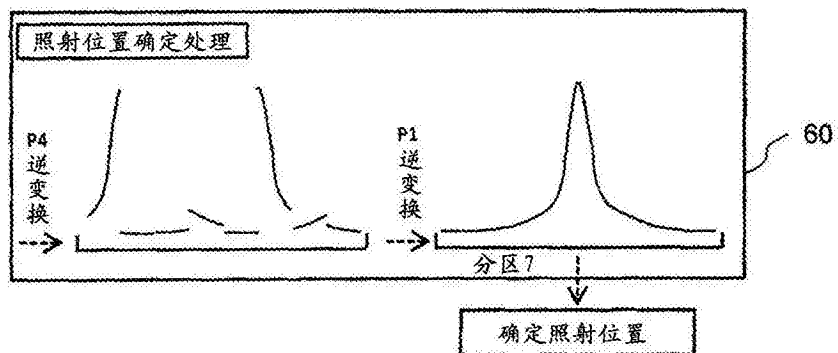


图14

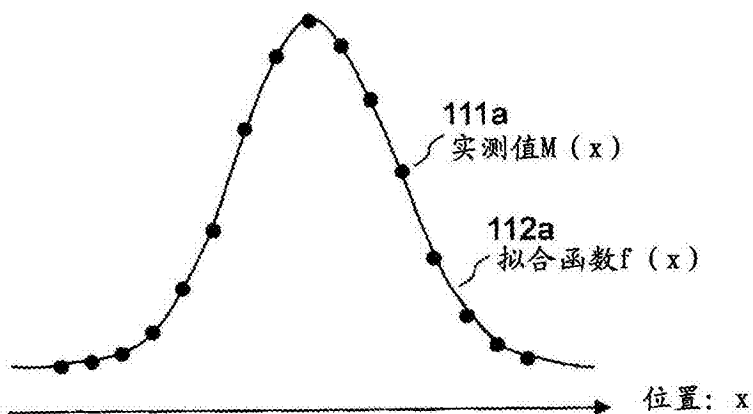


图15

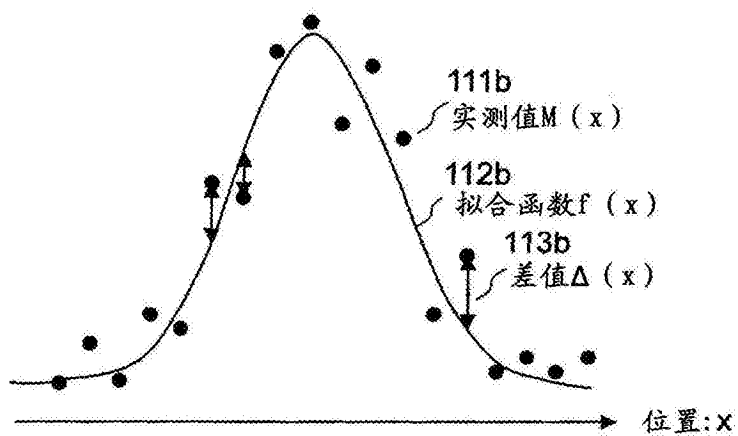


图16

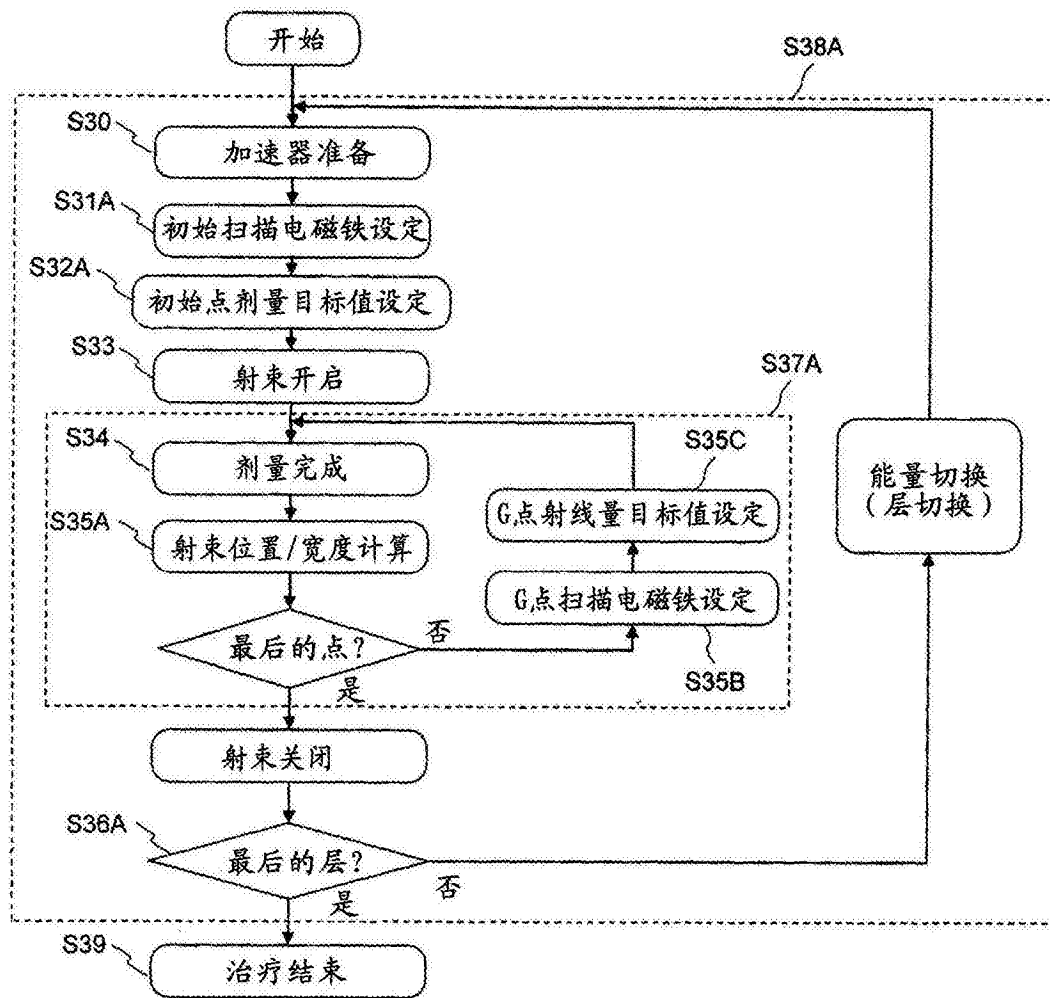


图17