

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102202732 A

(43) 申请公布日 2011. 09. 28

(21) 申请号 200980142871. 4

(22) 申请日 2009. 09. 12

(30) 优先权数据

102008048916. 6 2008. 09. 26 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 04. 28

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2009/006626 2009. 09. 12

(87) PCT申请的公布数据

W02010/034419 DE 2010. 04. 01

(71) 申请人 GSI 重离子研究亥姆霍茨中心有限
公司

地址 德国达姆施塔特

申请人 西门子公司

海德堡离子射线治疗 (HIT) 海德堡
大学综合诊所企业有限公司

(72) 发明人 C · 贝尔特 T · 哈贝雷尔
E · 里茨尔

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 饶辛霞

(51) Int. Cl.

A61N 5/10 (2006. 01)

权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一个目标区域的快速扫描

(57) 摘要

本发明涉及一种用于利用一束接近目标点的射线照射一个目标的方法, 包括一些步骤: 测量其中至少一个关于射线的位置和射线的强度的参数, 根据所述至少一个测量的参数改变射线, 特别是根据关于所述至少一个测量的参数的一个偏差改变射线。方法的特征在于, 每个目标点最多一次对所述至少一个测量的参数进行测量。此外本发明还涉及一种用于按照本发明方法照射一个目标设备和一个用于控制一种这样的设备的控制系统。

测量射线的位置 每个栅格点最多一次
和/或
测量射线的强度 每个栅格点最多一次



根据关于位置和/或强度的误差改变射线

1. 用于利用一束接近目标点的射线 (105) 照射一个目标 (102) 的方法, 包括的步骤是:

测量射线的位置和射线的强度这些参数中的至少一个参数,

根据所述至少一个测量的参数改变射线, 特别是根据关于所述至少一个测量的参数的一个偏差改变射线,

其特征在于, 每个目标点最多一次对所述至少一个测量的参数进行测量。

2. 按照权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 每个目标点最多一次对射线 (105) 的位置进行测量。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的方法, 其特征在于, 照射设计成具有至少两次通行的多重照射, 其中以每次通行依次地接近各目标点。

4. 按照权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 目标 (102) 是活动的。

5. 按照上述权利要求之一所述的方法, 其特征在于, 针对至少二个目标点最多一次对所述至少一个测量的参数进行测量。

6. 按照上述权利要求之一所述的方法, 其特征在于, 通过流逝的时间确定用于测量所述至少一个测量的参数的时刻。

7. 按照上述权利要求之一所述的方法, 其特征在于, 通过直到那时流逝的时间确定接近依次的目标点。

8. 按照权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 还通过提取曲线确定接近依次的目标点。

9. 按照上述权利要求之一所述的方法, 其特征在于, 如此远地朝射线的放射源 (104) 方向测量射线位置, 以致射线 (105) 的横截面为射线直接在目标之前的横截面的最多 80%。

10. 按照上述权利要求之一所述的方法, 其特征在于, 利用一个射线宽度模块测量射线 (105) 的宽度。

11. 用于利用一束接近目标点的射线 (105) 照射一个目标 (102) 的设备, 包括一个用于测量射线 (105) 的位置 (117) 和射线 (105) 的强度 (116) 这些参数中的至少一个参数的测量装置 (116, 117), 和

一个过程控制装置 (112), 该过程控制装置设计用于根据所述至少一个测量的参数改变射线 (105), 特别是根据关于所述至少一个测量的参数的一个偏差改变射线;

其特征在于, 所述设备设计用于, 每个目标点最多一次对所述至少一个测量的参数进行测量。

12. 按照权利要求 11 所述的设备, 其特征在于, 多个测量装置串联。

13. 按照权利要求 11 或 12 所述的设备, 该设备设计用于实施一种按照权利要求 1 至 10 之一所述的方法。

14. 控制系统 (112), 用于控制一个按照权利要求 11 至 13 之一所述的设备。

一个目标区域的快速扫描

技术领域

[0001] 本发明涉及用于利用一束接近目标点的射线照射一个目标的一种方法 a 和一种设备, 以及一种用于控制按照本发明的设备的控制系统。

背景技术

[0002] 利用一束接近不同点的射线照射(射束扫描)一个目标本身是已知的。这样例如在照射肿瘤时使用例如粒子射线, 特别是离子射线, 特别具有质子、 α 粒子或碳核素。用射线顺序接接近目标区域的各部分、各目标点。

[0003] 粒子射线用于照射目标体积是特别有利的, 因为它们朝其末端那边在能量累积中经过一个最大值(Bragg 峰值)。这样甚至可以例如有效地照射埋入的立体组织, 而不过强地损伤包着的周围。常常一层一层地照射立体的目标区域, 其中每个层恒定选择确定射入深度的射线能量(等能量层)。还已知所谓的体积扫描, 其中不需要为各个(等能量)层配置连续接近的目标点。本发明原则上还涉及一些其中通过电磁波形成射线的实施形式。此外本发明原则上还涉及一些用于照射一个大面积的目标区域的实施形式。

[0004] 扫描方法能够通过用一种射线的扫描实现一种匹配于目标形状的照射; 对不同的扫描方法加以区别。

[0005] 在所谓定点扫描方法和像素扫描方法中, 粒子射线在每个目标点上停留一个预定的时间和/或将一个预定数量的粒子累积在每个目标点上并被断开, 同时将偏转磁铁(扫描磁铁)调整到下一目标点。

[0006] 在所谓的栅格扫描中, 粒子射线在一个预定的持续时间期间停留在许多栅格点的每个上或将一个预定数量的粒子累积在每个栅格点上, 但在各栅格点之间并不是或并不总是被断开。各栅格点可以不同于各目标点, 因为各栅格点 i. d. R 被规定在照射设备的坐标系中, 而各目标点 i. d. R 被认为在目标的坐标系中, 特别是各栅格点和各目标点不必相互全等, 尽管这是优选的。为语言上简单起见, 下面将在栅格扫描时接近的点不总是称为栅格点而是也称为目标点。

[0007] 在所谓连续的扫描方法中, 各目标点形成相连的线, 亦即形成连续的(或准连续的)数量, 其中它们的数目可以例如是可数无限的。粒子射线在一种连续的扫描方法中至少在一条线或行内在一个等能量层连续偏转并且交叠各目标点, 而不停留在单个位置上。利用一个深度调节设备还可以实施一种连续的扫描方法, 其中连续地调节粒子射线的射入深度。

[0008] 还已知所谓的“均匀扫描”, 其中, 通过一次或甚至多次地将相同的粒子数目累积或经由扫描路径累积在全部的目标点上的方式, 分别在一个等能量层实现一种均匀的剂量累积。

[0009] 原则上通过只在其延伸方向上亦即一维或二维横向地偏转射线的方式, 各目标点的顺序、路径可以大致在一个等能量层内延伸, 或通过改变射线的能量的方式, 它也可以大致在各等能量层之间延伸。

[0010] 本身已知,在照射期间,测量射线的位置或其在空间中的位置。同样已知,在照射期间还测量射线的强度,例如作为粒子流量或施加的粒子数目。术语“强度”在这里为语言上简单起见统一地用于所有有关的参数。

[0011] 公开出版物“用于重离子治疗的磁性扫描系统”,Haberer 等人,Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A330(1993)296ff.披露了例如一个多线比例室(MWPC;Multi-Wire-Proportional-Chamber),以便在照射期间测量射线的位置。此外在这里指出,测量射线的强度并将测量的结果用于控制照射(强度控制)。如果每个目标点待累积的剂量是较少的和射线强度是高的,则例如更快地移动射线;如果每个目标点待累积的剂量相当高而射线强度低,则相应较慢地移动射线。换言之,如果在先前的目标点上累积了需要的粒子数目,则将射线当时指向下一个目标点。

[0012] 原则上在业界还已知,使用射线的测量的位置及其测量的强度,以便如果出现与额定值的偏差时,分别在照射期间对它们进行校正。必要时甚至中断照射,例如在出现一个与额定有较大的偏差情况下。至今为了达到测量的一种高精度,每个目标点实施多次测量。这不仅适用于射线的位置而且适用于其强度。此外还可以测量射线宽度。

[0013] 为了有足够的时间用于位置测量,已知,这样地匹配射线强度,以致针对每个目标点均可以实施测量。为此通常尽可能从加速器方面选择较低的射线强度。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于,提供用于利用一束接近目标点的射线照射一个目标的一种有利的方法和一种有利的设备,以及一种用于控制按照本发明的设备的控制系统。

[0015] 通过一种用于利用一束接近目标点的射线照射一个目标的方法达到该目的,包括的步骤是:测量射线的位置和射线的强度这些参数中的至少一个参数,根据所述至少一个测量的参数改变射线,特别是根据关于所述至少一个测量的参数的一个偏差改变射线。方法的特征在于,每个目标点最多一次对所述至少一个测量的参数进行测量。

[0016] 本发明的优选的实施形式在诸从属权利要求中给出并且在下面更详细地进行说明。

[0017] 本发明基于这样的论断,即不仅射线位置的测量而且射线强度的测量都需要最少的时间。本发明还基于这样的知识,即上述的测量周期限制扫描速度。

[0018] 特别是如果射线强度这样匹配,以致每个目标点可以实施多次位置测量,整个的照射时间可以是相当长的,特别是如果在这种情况下还要以多次通行接近目标(重复扫描,见后)的话;较低的强度对强度测量的信噪比还产生不利的作用。

[0019] 还断定,通过多次测量可达到的精度关于射线位置和/或射线强度或者对射线宽度的了解不是强制必需的,例如因为设备设计用于一种相当精确的射线导向或因为该设备由于照射的一种特殊的实施形式而是特别容忍误差的(参见重复扫描,见后)。

[0020] 本发明的构思是,每个目标点最多一次对待测量的参数进行测量,待测量的参数亦即射线的位置和/或射线的强度。本发明包括每个目标点最多只对这两个参数中的一个进行测量的情况。它还特别包括这些情况,即每个目标点多次对两个参数之一进行测量或者绝不或分布在多个目标点上地对两个参数之一进行测量并且每个目标点只最多一次测量当时另一参数。

[0021] 当前的技术能够比位置测量明显更快地实现强度测量。在一种优选的实施形式中,相应地每个目标点最多一次实施位置测量,而每个目标点完全多次实施强度测量。

[0022] 特别优选的是,基于射线的测量的强度确定扫描速度(参见强度控制,见上)并且为此每个目标点必要时多次测量射线的强度,而每个目标点最多一次确定射线的位置。

[0023] 位置测量和/或强度测量可以用于确定一个与预定的值或额定值的偏差,也可以认为是误差。可以将射线的改变与一种这样的确定联系在一起。在最简单的情况下,如果位置测量的结果和/或强度测量的结果超过一个规定的偏差,则中断或甚至中止照射。在本发明的范围内还可设想,根据偏差的大小校正射线的位置和/或强度。

[0024] 特别优选的是,两个参数之一或甚至两个参数的测量只用于监控射线并且在超过一个偏差时中断照射。在该优选的实施形式中,不将测量用于射线的校正。这样在照射期间还可以例如节省用于校正扫描磁铁的调整的时间(见实例)。

[0025] 除了人或动物的照射外,一般来说有机材料、特别是细胞的照射或无机材料例如塑料的照射也是重要的,例如在材料研究的范围内。

[0026] 优选使用栅格扫描,这能够实现一种特别快的扫描。

[0027] 在本身已知的利用一束接近不同的目标点的射线的多重照射(重复扫描)中,在接受治疗期间以多次必要时通过短时停顿分开的通行(扫描)相继施加一个额定剂量。在各个通行之内在此顺序地照射多个目标点,而不需要全部。在一次接受治疗的过程中,通常多重照射大部分的目标点或全部的目标点继而大部分的目标区域整个目标区域。将每个目标点为接受治疗待施加的总剂量分配到各个通行上,也就是大致均匀分布或必要时以不同的权重。还可以一层一层地或体积地实现多重照射。

[0028] 一种高的扫描速度恰好对于重复扫描是有利的,因为通过分配到每次接受治疗要走过的路径的多次通行中,所以明显比在以一次通行累积总剂量情况下更长。没有本发明,照射持续时间总体上可能过长,例如因为照射对于待照射的人来说是太过负担的;固定随着时间而变坏;设施的性能仍然是较低的。

[0029] 重复扫描允许本发明甚至在不太精确地工作的设施中使用,因为通过经由多次通行的措施在射线位置和射线强度方面可以保持小的误差。在多重照射的相应的设计中,在照射期间不需要精确了解射线位置或射线强度。

[0030] 如果可以比位置测量更快地实施强度测量,则在重复扫描的范围内还建议,经由其强度控制射线并且每个目标点最多一次实施位置测量。

[0031] 如果照射一个活动的目标,则有利的是,使用重复扫描。通过目标的活动同样导致与额定剂量分布的偏差;还例如通过在照射过程与目标的活动之间的一种干涉。如果以多次通行照射,则可以查出这样的误定量。在一种粒子治疗的范围内,例如可以是这样一个活动的目标,一个在一位待照射的人的肺附近的肿瘤,它通过呼吸周期地上下活动。

[0032] 优选的是,针对至少两个目标点最多一次对所述至少一个测量的参数进行测量,越来越优选的是,以规定的序列针对三个目标点、10个目标点或一行目标点最多一次。特别优选的是,将测量的数量保持如此之少,以致为测量需要的时间不再限制扫描速度。如果为了在多个目标点中施加设定的剂量所需要的时间超过用于在这些目标点上的位置测量的时间,则这可以例如是在一种强度受控的照射的情况。

[0033] 如果针对多个目标点最多一次实施测量并且测量比各个目标点的照射持续更长

时间,则得出一个在多个目标点上平均的值。这样,射线强度例如在一种强度受控的照射 i. d. R. 中从目标点到目标点不同,因此总体上存在一种不均匀的分布。

[0034] 为了得到一种尽可能有效力的平均值,特别是关于位置测量和必要时关于射线宽度测量,有利的可以是,也考虑时间上的效应,例如探测器特性,例如在探测器气体中的电离的扩散。这在照射期间对射线位置的准确的校正可以是特别有益的。

[0035] 在本发明的一种优选的实施形式中,通过在照射期间流逝的时间确定用于所述至少一个测量的参数的测量的时刻。

[0036] 这样可以例如分别按照一个固定间隔的过程实施相应的参数的测量,最好尽可能地依次地、亦即以一个尽可能短的间隔进行。测量的时刻在该操作方式中相应地与各目标点的接近无关。换言之:接近各目标点和测量射线位置和 / 或射线强度不同步地进行。对于位置测量和强度测量还可以例如选择不同的间隔,在一种这样的情况下,位置测量和强度测量也是彼此不同步的。

[0037] 有利的还可以是,经由射线的强度控制照射并且重复地分别在一个固定的时间间隔之后测量射线的位置。在这种情况下,两个参数的测量也是彼此不同步的并且射线位置的测量与各目标点的接近不同步。

[0038] 为了借助时间控制,亦即在一个通过流逝的时间确定的各目标点的接近中,在一个确定的目标点内施加一个规定的剂量,为射线选择一个扫描速度,它可以期望在这一点上还施加预期的剂量。如果射线停留在一个目标点上,则一旦过去一段时间,该段时间可以期望已施加了预期的剂量,就将其指向下一个目标点。

[0039] 但是如此一种时间控制并不排除同时包括关于射线的特性的了解。这样优选的是,考虑放射源的提取曲线 (Extraktionsprofil)。提取的粒子的数量可以同样地视放射源的情况强烈地随时间而改变。针对一个确定的放射源的提取曲线 i. d. R 是已知的;它可以例如在照射的准备阶段确定。对于一种均匀的额定剂量分布的简单情况,这意味着,如果按照提取曲线,粒子数量高,则选择较高的扫描速度,而如果按照提取曲线,粒子数量低,则选择较低的扫描速度。如果额定剂量分布不均匀,则这必须一起加权平均地计算在内。如果人们不注重提取曲线而从一个平均的射线强度和一个相应的扫描速度出发,如果射线强度按照提取曲线是高的,则与此相比必须提高扫描速度,而如果射线强度按照提取曲线是低的,则必须减小扫描速度。可以这样减小与额定剂量分布的偏差,即可以准确地维持待施加的粒子数目。

[0040] 一些探测器类型,例如多线比例室,在一个具有较小横截面的射线中比在一个具有较大横截面的射线中可以更快地实施一种位置测量,射线的横截面朝目标方向逐渐增加。因此优选的是,如此远地朝射线的放射源方向测量射线位置,以致射线的横截面相当于其直接在目标之前的横截面的最多 80%,优选 60%。

[0041] 优选的是,利用一个自己的模块确定射线的宽度。与一种用相同的模块确定射线的宽度的解决方案相比,利用该模块还确定射线的位置,可以得到一种速度优点。一个模块可以例如相当于从探测器直到软件的一个完整的评价和 / 或控制链。它还可以例如涉及一个自己的计算机或一个在一台计算机上的自己的过程,这在必要时已足以彼此分开地确定所述的参数。

[0042] 本发明还涉及一种用于利用一束接近目标点的射线照射一个目标的设备,包括用

于测量射线的位置和射线的强度这些参数中的至少一个参数的测量装置和一个过程控制装置,该过程控制装置设计用于根据所述至少一个测量的参数改变射线,特别是根据关于所述至少一个测量的参数的偏差改变射线。照射设备的特征在于,它设计用于每个目标点最多一次测量所述至少一个测量的参数。

[0043] 这样一个照射设备还包括一个用于产生一束射线的装置、特别用于产生一束粒子射线或特别是一束离子射线。作为射线产生装置例如考虑一个加速器,特别是一个同步加速器或一个回旋加速器。

[0044] 如果用一束离子射线进行照射,则照射设备还包括一个扫描装置,简言之一个扫描器,它包括用于偏转离子射线的扫描磁铁和/或还有一个深度调节器。

[0045] 为了位置测量,提供一个 MWPC、一个带形电离室、一个基于闪烁器或 PET 的测量室。可以例如利用一个电离室(IC)或还利用一个 MWPC、一个像素电离室或同样利用一个基于闪烁器的测量室测量强度。

[0046] 用于所述类型的照射设备的过程控制装置原则上是已知的;例如在 Haberer 等人的上述的公开出版物中披露了一种。一种这样的过程控制装置的任务典型地包括关于照射过程特别是扫描的控制、最大的剂量、一种与照射图的对比和记录的措施。

[0047] 过程控制必要时还嵌入照射过程(互锁)中,例如通过中断或校正照射过程,例如当射线在其强度方面波动时,或在其他的干扰情况下。

[0048] 可以例如借助一台计算机或一个计算机系统实现过程控制。这样,在一台这样的计算机中可以存储关于通行和等能量层的能量分配、目标点、栅格点、每个栅格点的目标剂量、治疗图和用于结束照射的条件。一个用于结束照射的条件可以例如是达到每个目标点在治疗图内规定的目标剂量;可以将目标剂量的达到反馈到扫描装置。建议将每个目标点的目标剂量列于一个图表中。还可以在重复扫描时针对每次通行设立一个相应的或至少可比的图表,包括用于过程控制的所有参数。

[0049] 计算机可以设有多个分别用于一种功能的模块,计算机系统可以设有多个分别用于一种功能的计算机。对于这样的功能例如是:扫描控制、脉冲中心(要求一种离子射线)、强度测量(每个目标点至少一次,更好的是两次,用于增加冗余信息,一般实施最多一次位置测量)、位置测量(每个目标点至少一次、更好的是两次,用于增加冗余信息,一般实现最多一次强度测量)、记录;典型地,记录来自冲脉中心的射线参数、扫描参数和强度测量与位置测量的结果。

[0050] 如果多重地在设备中存在一些用于强度测量和用于位置测量的装置,这可能是为了增加冗余信息而值得追求的,则优选将它们串联,以便提高测量的采样率,亦即总体上缩短测量的持续时间。如果设备例如分别具有两个用于强度测量和用于位置测量的装置并且分别串联用于强度测量的装置和用于位置测量的装置,则可以分别使最大的采样率加倍。这些装置可以涉及例如探测器、模块、计算机或一般评价电子装置。

[0051] 在其中一种任意的优选实施形式中,照射设备优选设计用于实施按照本发明的方法。

[0052] 本发明还涉及一种用于控制照射设备的控制系统。不同于照射设备,控制系统本身没有射线产生设备。如果将控制系统用于控制一个用于照射人或动物的照射设备,则也称其为治疗控制系统(TCS)。

[0053] 可以例如通过修改位置测量装置,也叫作位置测量模块(SAM;存储和读出模块),它可以是控制系统的部分,实现按照本发明的方法。在此将控制系统扩展成一个功能块或代替一个存在的模块。原则上需要过程控制的一种匹配;必要时控制软件的一种匹配就够了。

[0054] 各个特征的以上的和以下的描述不仅涉及方法而且涉及设备和控制系统,而并不是这在任何情况下都分别详尽地提到;在此公开的各个特征即使在其他的除所示的组合外的组合对本发明也是重要的。

附图说明

[0055] 下面还要借助各实施例更详细地说明本发明。

[0056] 图1示出一个按照本发明的照射设备的示意图,包括一个按照本发明的用于实施按照本发明的方法的控制装置。

[0057] 图2示出一个按照本发明的方法的流程图。

[0058] 图3示出按照本发明关于射线位置和射线强度的测量的措施的一种选择。

[0059] 图4示出按照本发明关于射线的改变的措施的一种选择。

[0060] 图5示出图1的设备的示意的提取曲线。

具体实施方式

[0061] 照射设备设计用于照射一个目标体积102。目标体积102涉及例如一个处在一个人的肺附近或其中的肿瘤;在这里所示的目标体积102垂直于射线方向具有一个约20cm的直径。作为备选方案还可以涉及一种例如以水或有机玻璃或一种其他的材料为基的模型。目标体积例如周期地上下活动,这在图1中通过在目标体积102上面和下面的箭头说明。

[0062] 照射设备具有一个同步加速器、一个回旋加速器或一个其他的加速器104,用于提供一束粒子射线105,例如包括质子或 ^{12}C 核素。这样,一束射线典型地具有一个或几个毫米例如3至10mm的膨胀。在目标体积102中显示了多个层,它们相当于针对一种确定的粒子能量的Bragg峰值的深度(等能量层)。

[0063] 作为扫描方法在这里选择栅格扫描。照射设备以粒子射线105示意地接近作为在目标体积102中的黑点描述的各栅格点;这些栅格点在目标体积中彼此隔开约2mm。为了较简单的描述,示意示出了各栅格点的一种一层一层的接近,自然作为备选方案还可以以体积接近各栅格点(未示出)。

[0064] 借助扫描磁铁106可以实现粒子射线105的一种横向的影响。这里涉及偶极磁铁106。为了一种纵向的(沿射线方向的)影响,照射设备具有一个无源的能量改变装置,例如以一个楔式系统108形式存在的,用于进行能量调制。楔式系统108具有一些例如由塑料制成的楔,经由一个直线电机(未示出)可以使它们移动。楔式系统108优选在体积扫描中使用。在一层一层的扫描中,则优选经由加速器或一个安装在扫描磁铁106之前的能量调制单元改变能量。

[0065] 此外照射设备还具有一个过程控制装置112、一个扫描器控制装置114、一个粒子计数器116和一个位置探测器117;粒子计数器116和位置探测器117也可以安装在其他的位置,例如将两者安装在所示粒子计数器116的位置。过程控制装置112在这里发挥控

制系统的功能。

[0066] 粒子计数器 116 是一个电离室 (IC) 并且在这里发挥强度测量装置的功能。位置探测器 117 是一个多线比例室 (MWPC)。电离室 116 为一次强度测量而需要 $15\mu s$ 。多线比例室 117 需要 $150\mu s$ 确定射线 105 的位置。射线的位置可以例如直接在目标之前或也可以在目标之前约 1m 进行测量。作为备选方案建议,进一步朝放射源方向测量射线的位置,因为在那里射线横截面较小并因此可以更快地实施位置测量。可以将位置探测器 117 大致这样设置,以致射线横截面为其直接在目标之前的数值的最多 50%。

[0067] 为了确定射线强度和为了确定射线位置,分别设置两个模块。它们分别串联联接(未示出)。在这里有可能,例如通过“时间位错的”测量得到一种较高的时间上的分辨率。为了提高安全性,通过一种考虑时间位错的比较还可以提供一种冗余信息。

[0068] 粒子计数器 116 确定粒子射线 105 中的粒子的数量并将结果输入过程控制装置 112。过程控制装置 112 设计用于控制加速器 104、扫描磁铁 106 和楔式系统 108。为此过程控制装置 112 在考虑由粒子计数器 116 和位置探测器 117 接收的数据的情况下确定相应的控制参数。

[0069] 以多次通行实现照射,亦即使用重复扫描。

[0070] 可以选择例如 5 或 10 次、更好是 15 至 20 次或直至 30 次通行。典型的是,将目标体积分成 50 个层。为了完全接近一个层,典型地持续 100ms 直到 1s。如果接近一个体积,则接近持续时间典型地处在秒的范围内。

[0071] 在照射期间,原则上每个栅格点分别实施或是最多一次位置测量或是最多一次强度测量,参见图 2。

[0072] 按照本发明,关于确定射线位置或其强度的可能的措施例如是:

- [0073] - 每个栅格点最多一次位置测量,无强度测量;
- [0074] - 每个栅格点最多一次强度测量,无位置测量;
- [0075] - 每个栅格点最多一次位置测量以及每个栅格点最多一次强度测量;
- [0076] - 每个栅格点最多一次位置测量以及每个栅格点多次强度测量;
- [0077] - 每个栅格点最多一次强度测量以及每个栅格点多次位置测量;
- [0078] - 按照射线的强度(强度控制)控制照射过程,必要时每个栅格点具有多次强度测量,其中每个栅格点最多一次对射线的位置进行测量;
- [0079] - 针对三个或 10 个栅格点或甚至针对一个栅格行最多一次位置测量;
- [0080] - 针对三个或 10 个栅格点或甚至针对一个栅格行最多一次强度测量;
- [0081] - 按照固定的间隔实施强度测量和 / 或位置测量;
- [0082] - 选择尽可能短的间隔;
- [0083] - 照射的强度控制;针对位置测量的固定的间隔;
- [0084] - 设置间隔,以致在测量之间接近三个或 10 个栅格点或甚至一个栅格行;
- [0085] - 设置间隔,以致不因测量而延长照射时间;
- [0086] - 对在多个栅格点上的测量取平均值;
- [0087] - 考虑在探测器气体中的电离,以便改进一种这样的平均;
- [0088] - 照射的时间控制,其中每个栅格点最多一次对位置进行测量;
- [0089] - 在一种这样的时间控制中,考虑提取曲线;

- [0090] - 相当近地在放射源旁边测量射线位置；
- [0091] - 利用一个自己的模块，与位置测量分开地实施射线宽度的测量；
- [0092] - 串联各测量装置；
- [0093] 在图 3 中示出一种选择。
- [0094] 按照本发明，关于基于确定射线的位置或强度改变射线的可能的措施大致是：
- [0095] - 如果测量的位置或测量的强度显著偏离相应的额定，则中断照射；
- [0096] - 如果测量的位置稍微地偏离其额定，则校正射线位置；
- [0097] 在图 4 中示出一种选择。
- [0098] 图 5 示出了在图 1 中所示的用于一种具有 300MeV/u 能量的氮射线的设备的示意的提取曲线。一种实际的（同步加速器）特性除上升和下降外还具有一个包括所谓“波纹”的起伏的高地。可以看出，每次提取（溢出）的粒子数目（事件）首先快速增加，在大约半秒时通过一个最大值，而接着在一秒时基本上已完全重新降到零。如果不经由射线强度而是在时间上对各栅格点的接近进行控制，则考虑将该提取曲线用于确定扫描速度；如果提取的粒子的数目特别高，则可以选择一种快的扫描速度，如果提取的粒子的数目低，则选择一种低的扫描速度。

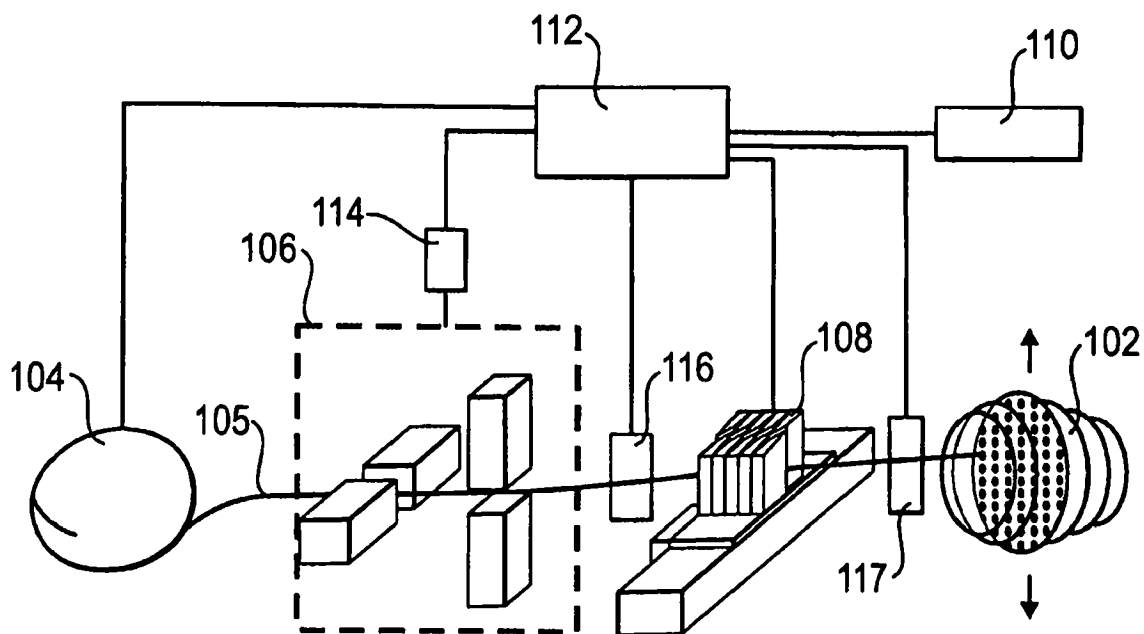


图 1

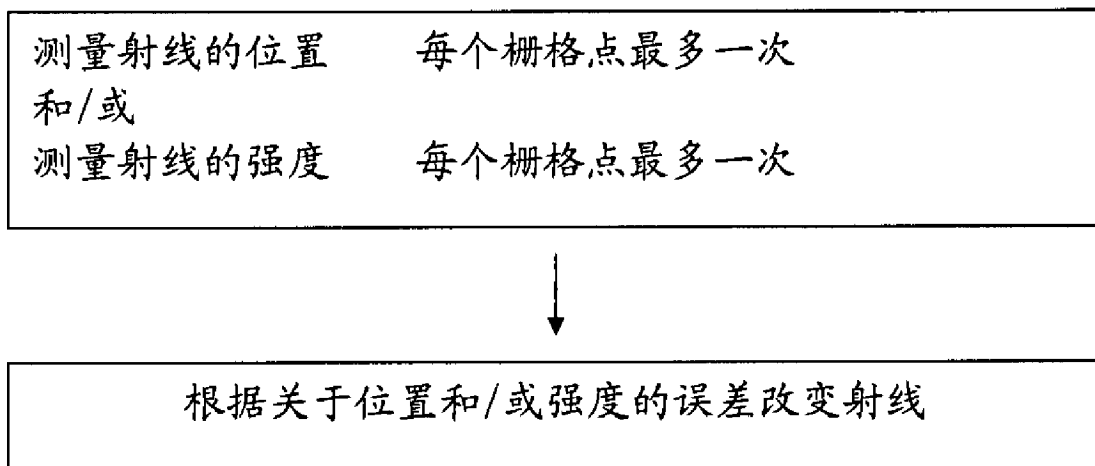


图 2

关于确定射线的位置或强度的措施:

- 强度控制; 每个栅格点最多一次位置测量
- 针对三个或 10 个栅格点或甚至针对一个栅格行最多一次位置测量
- 针对三个或 10 个栅格点或甚至针对一个栅格行最多一次强度测量
- 按照固定的间隔实施强度测量和/或位置测量
- 照射的强度控制; 针对位置测量的固定的间隔
- 对在多个栅格点上的测量取平均值
- 考虑在探测器气体中的电离, 以便改进一种这样的平均
- 照射的时间控制
- 考虑用于时间控制的提取曲线
- 与目标隔开距离地测量射线位置
- 利用一个自己的模块实施射线宽度的测量
- 串联各测量装置

图 3

关于基于确定射线的位置和/或强度改变射线的措施:

- 中断照射
- 校正射线位置

图 4

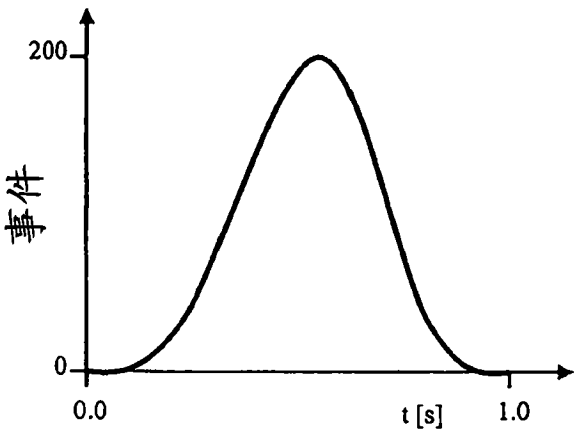


图 5