



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105073191 B

(45)授权公告日 2018.01.16

(21)申请号 201380073590.4

菅原贤悟

(22)申请日 2013.02.22

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105073191 A

代理人 胡秋瑾

(43)申请公布日 2015.11.18

(51)Int.Cl.

A61N 5/10(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.08.21

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/054568 2013.02.22

US 2007051904 A1, 2007.03.08,

CN 102292122 A, 2011.12.21,

EP 1348465 A1, 2003.10.01,

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/128932 JA 2014.08.28

CN 102612719 A, 2012.07.25,

CN 1398651 A, 2003.02.26,

(73)专利权人 三菱电机株式会社

审查员 田方方

地址 日本东京

(72)发明人 小田原周平 原田久 池田昌广

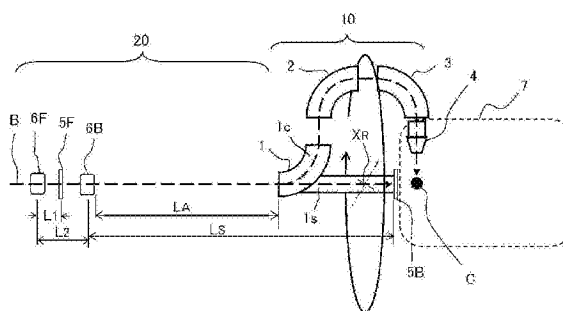
权利要求书1页 说明书11页 附图9页

(54)发明名称

粒子射线治疗装置

(57)摘要

本发明的粒子射线治疗装置具有旋转吊架(10),该旋转吊架(10)构成为使照射装置(4)绕着转轴(X_R)的周围旋转,由此来向被照射体照射粒子射线(B),在该旋转吊架(10)中设置有入口侧偏转磁铁(1),该入口侧偏转磁铁(1)具有使沿着转轴(X_R)提供来的粒子射线(B)朝径向偏转从而导入照射装置(4)的偏转路径(1_c)、以及与偏转路径(1_c)自由切换并使所提供的粒子射线(B)直线前进的直进路径(1_s),该粒子射线治疗装置还包括轨道修正装置(5,6),该轨道修正装置(5,6)具有在转轴(X_R)方向的两侧夹着入口侧偏转磁铁(1)而配置的两个位置传感器(5)。



1. 一种粒子射线治疗装置,该粒子射线治疗装置具有旋转吊架,该旋转吊架构成为使照射装置绕着转轴的周围旋转,由此向被照射体照射粒子射线,所述粒子射线治疗装置的特征在于,

所述旋转吊架设置有偏转电磁铁,该偏转电磁铁具有使沿着所述转轴提供而来的粒子射线朝径向偏转从而导入所述照射装置的偏转路径,以及与所述偏转路径自由切换并使提供的所述粒子射线直线前进的直进路径,

所述粒子射线治疗装置还包括轨道修正装置,该轨道修正装置具有在所述转轴方向的两侧夹着所述偏转电磁铁而配置的两个射束位置传感器,

所述轨道修正装置具有两组转向电磁铁,该两组转向电磁铁由配置于所述偏转电磁铁的上游侧的、用于修正粒子射线的轨道的位置的转向电磁铁和用于修正粒子射线的轨道的倾斜度的转向电磁铁构成。

2. 如权利要求1所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

所述两组转向电磁铁与所述两个射束位置传感器一起排列配置在所述转轴的延长线上。

3. 如权利要求1所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

所述两组转向电磁铁配置在所述两个射束位置传感器的上游侧。

4. 如权利要求2所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

所述两组转向电磁铁配置在所述两个射束位置传感器的上游侧。

5. 如权利要求1所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

所述两组转向电磁铁被配置成夹着所述两个射束位置传感器中设置于上游侧的一个射束位置传感器。

6. 如权利要求2所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

所述两组转向电磁铁被配置成夹着所述两个射束位置传感器中设置于上游侧的一个射束位置传感器。

7. 如权利要求1至6的任一项所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

所述两个射束位置传感器中配置于下游侧的一个射束位置传感器设置在用于对所述被照射体照射粒子射线的照射室内。

8. 如权利要求7所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

在所述两个射束位置传感器中配置于下游侧的一个射束位置传感器与所述偏转电磁铁之间,设置有能自由拆卸的管道,该管道的内部能够成为真空或规定的气体气氛。

9. 如权利要求8所述的粒子射线治疗装置,其特征在于,

所述旋转吊架设置有收纳所述管道的收纳部。

粒子射线治疗装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在用于癌症治疗等的粒子射线治疗装置中特别使用旋转吊架来进行多区域照射的粒子射线治疗装置。

背景技术

[0002] 粒子射线治疗通过对成为治疗对象的患部照射带电粒子的射束(粒子射线)使患部组织受损,由此来进行治疗。此时,由于需要在不对周边组织造成破坏的情况下向患部组织提供足够的剂量,因此,要求恰当地对照射剂量、照射范围(照射野)进行控制。为此,需要确保粒子射线的轨道准确,但由于从射线源到照射装置的输送路径中存在设备的设置误差、磁场强度等误差,因此,粒子射线的轨道有可能会偏离设计轨道。

[0003] 另一方面,在粒子射线治疗中,为了减少对重要内脏器官辐射的剂量,同时又能确保对患部辐射的剂量从而保证治疗效果,有时会采用称为多区域照射的照射法,其中,该多区域照射中,改变射束的照射方向来对患部进行照射。作为用于多区域照射的装置,可使用以包含患部(等中心)在内的转轴为中心,使照射装置本身旋转的旋转吊架。若为使用旋转吊架的粒子射线治疗装置,则为了避免相对于等中心的误差的状态因旋转吊架的旋转角度(照射角度)而发生变动,尤其需要保证旋转吊架入口处轨道的准确性。

[0004] 因此,例如专利文献1所记载的那样,可考虑在输送路径中设置轨道修正装置,使用两个射束位置传感器来修整粒子射线的轨道位置和倾斜度。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利特开2003-282300号公报(段落0036、图1)

[0008] 专利文献2:美国专利公报4,917,344(第3栏,第20-61行,图1a、1b)

发明内容

[0009] 发明所要解决的技术问题

[0010] 然后,在上述那样的轨道修正装置中,由于其精度取决于两个射束位置传感器间的距离,因此,需要在输送路径中形成规定距离的直线部。例如,为了使误差在0.1mm以内地向照射装置提供按照正确的轨道通过旋转吊架入口的粒子射线,需要设置长达数米的直线部。并且,若考虑到对于照射角度的依赖性,则需要将直线部设置在旋转吊架的转轴上,从而不仅要增大设置空间,而且设置灵活度也受到限制,设备变得过大。

[0011] 本发明是为解决上述问题而完成的,其目的在于获得一种粒子射线治疗装置,能够抑制设备变得过大,并能够准确地提供适当的剂量。

[0012] 解决技术问题所采用的技术方案

[0013] 本发明的粒子射线治疗装置是具有旋转吊架的粒子射线治疗装置,该旋转吊架成为使得照射装置绕着转轴的周围旋转,由此来向被照射体照射粒子射线,所述粒子射线治疗装置的特征在于,所述旋转吊架设置有偏转电磁铁,该偏转电磁铁具有使沿着所述转

轴提供来的粒子射线朝径向偏转并导入所述照射装置的偏转路径、以及与所述偏转路径自由切换并使所述提供的粒子射线直线前进的直进路径,所述粒子射线治疗装置还包括轨道修正装置,该轨道修正装置具有在所述转轴方向的两侧夹着所述偏转电磁铁而配置的两个位置传感器。

[0014] 发明效果

[0015] 根据本发明的粒子射线治疗装置,由于使用旋转吊架内的空间来确保直线距离,因此可获得能够抑制设置空间且能准确地提供适当剂量的粒子射线治疗装置。

附图说明

[0016] 图1是用于说明本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗装置的结构旋转吊架附近部分的图。

[0017] 图2是用于说明本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗装置的整体结构的图。

[0018] 图3是用于说明本发明的实施方式2所涉及的粒子射线治疗装置的结构旋转吊架附近部分的图。

[0019] 图4是用于说明本发明的实施方式3所涉及的粒子射线治疗装置的结构旋转吊架附近部分的图。

[0020] 图5是用于说明本发明的实施方式4所涉及的粒子射线治疗装置的结构旋转吊架附近部分的图。

[0021] 图6是用于说明本发明的实施方式5所涉及的粒子射线治疗装置的结构旋转吊架附近部分的图。

[0022] 图7是用于说明本发明的实施方式6所涉及的粒子射线治疗装置的结构示出旋转吊架的剖面形状的示意图。

[0023] 图8是用于对现有的粒子射线治疗装置与本发明的实施方式7所涉及的粒子射线治疗装置的大小进行比较的图。

[0024] 图9是用于对现有的粒子射线治疗装置与本发明的实施方式8所涉及的粒子射线治疗装置的大小进行比较的图。

具体实施方式

[0025] 实施方式1

[0026] 下面,对本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗装置的结构进行说明。图1和图2用于说明本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗装置的结构,图1是说明用于修正提供给旋转吊架的粒子射线的轨道的装置结构的图,且示出了粒子射线治疗装置中旋转吊架附近的主要设备的配置,图2是用于说明粒子射线治疗装置的整体结构的图。

[0027] 本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗装置的特征在于用于修正提供给旋转吊架的粒子射线的轨道的旋转吊架的偏转电磁铁的结构、以及用于修正射束轨道的射束位置传感器的配置。但是,在对该结构及其动作进行说明之前,先使用图2来说明粒子射线治疗装置的整体结构。

[0028] 图中,粒子射线治疗装置包括:作为粒子射线的提供源(射线源)的同步加速器即圆形加速器(以下简称为加速器30);设置于具有旋转吊架的照射室7中的照射装置4;以及

连接加速器30与照射装置4,并从加速器30向照射装置4输送粒子射线的输送系统20。其中,输送系统20具有与包含照射室7在内的未图示的其他多个照射室(的照射装置)相连的输送路21-1、21-2、•••、21-n(总称为输送路21)。并且,能够使用切换电磁铁22来切换轨道,从而将来自加速器30的粒子射线提供给所需的照射室。另外,其他未图示的照射室并不限于必须具有旋转吊架10的结构。接着,对各结构进行说明。

[0029] 加速器30包括:真空管道31,该真空管道31成为用于使带电粒子环绕的轨道路径;入射装置32,该入射装置32用于将前级加速器38提供的带电粒子入射到真空管道31;偏转电磁铁33,该偏转电磁铁33用于使带电粒子的轨道发生偏转,以使得带电粒子沿真空管道31内的环绕轨道进行环绕;会聚用电磁铁34,该会聚用电磁铁34使环绕轨道上的带电粒子会聚而不发散;高频加速腔35,该高频加速腔35提供与环绕的带电粒子同步的高频电压来进行加速;出射装置36,该出射装置36用于将在加速器30内经过加速的带电粒子作为具有规定能量的粒子射线提取到加速器30外,并向输送系统20射出;以及六极电磁铁37,该六极电磁铁37为了使粒子射线从出射装置36射出而在环绕轨道中进行共振激励。于是,环绕轨道内的带电粒子由高频电场进行加速,并由磁铁改变方向,从而被加速到约光速的70~80%,然后向输送系统20射出。

[0030] 输送系统20被称为HEBT(高能射束传输:High Energy Beam Transport)系统,包括:成为粒子射线的输送路径的真空管道、切换粒子射线的轨道的切换装置即切换电磁铁22、以及使粒子射线偏转规定角度的偏转电磁铁。

[0031] 照射装置4是使输送系统20提供的粒子射线成形为与照射对象的大小、深度相对应的照射野,由此来对患部进行照射的装置。被提供给照射装置4的粒子射线是所谓的笔形的细射束,照射装置4包括:使该射束向与射束轴大致垂直的面内的任意方向偏转的扫描电磁铁,用于根据照射对象的厚度使布拉格峰的宽度扩大的脊形过滤器,以及用于根据照射对象的深度(照射深度)来改变粒子射线的能量(射程)的射程移位器等。

[0032] 照射装置4设置于绕着包含照射对象的中心(等中心C)在内的转轴X_R旋转的旋转吊架10。旋转吊架10设置有:入口侧偏转电磁铁1,该入口侧偏转电磁铁1配置在转轴X_R上,使从输送系统20提供到转轴X_R上的粒子射线向径向外侧偏转;中间偏转电磁铁2,该中间偏转电磁铁2使因入口侧偏转电磁铁1而向径向外侧前进的粒子射线向具有转轴X_R方向分量的方向偏转;出口侧偏转电磁铁3,该出口侧偏转电磁铁3使因中间偏转电磁铁2而向转轴X_R方向前进的粒子射线向径向内侧、即朝向转轴X_R进行偏转;以及连接各偏转电磁铁(1~3)和照射装置4的射束输送配管11。由此,即使照射装置4的照射角度随着旋转吊架10的旋转而发生改变,其照射方向始终朝向转轴X_R。另一方面,由于照射室7内放置患者K的治疗台等是固定的,且与旋转吊架10的旋转无关,因此,能够由照射装置4从任意的角度向患部照射按照患部而成形得到的粒子射线。

[0033] 然而,如背景技术所述那样,能够使用旋转吊架10来改变照射角度,从而提供给旋转吊架10的入口、即入口侧偏转电磁铁1的粒子射线的轨道的偏离对于照射装置4的影响因旋转角度的不同而不同。这里,如专利文献1所记载的那样,考虑在输送路径中设置轨道修正装置,该轨道修正装置由两个射束位置传感器和两组转向电磁铁构成,对粒子射线的轨道的位置和倾斜度进行修整。

[0034] 该轨道修正装置中,将一组转向电磁铁配置在射束轨道的最上游,将一个射束位

置传感器配置在最下游,剩余的转向电磁铁和射束位置传感器配置为了缩短两者间的间隔而排列在最上游的转向电磁铁与最下游的射束位置传感器之间的直线上。在对提供给旋转吊架的粒子射线的轨道进行修正的情况下,如图1所示,其排列在旋转吊架10的转轴 X_R 的延长线上。图中,将最上游的转向电磁铁称为第1转向电磁铁6F,将最下游的射束位置传感器称为第2位置传感器5B。并将配置在第1转向电磁铁与第2位置传感器之间的转向电磁铁和射束位置传感器分别设为第2转向电磁铁6B、第1位置传感器5F。

[0035] 另外,在上述说明中,记载有“~组”转向电磁铁,这是因为转向电磁铁是对应于与粒子射线B的前进方向相垂直的面内进行交叉的两个方向(例如,正交的x方向和y方向),由使粒子射线B分别向单个方向偏转的偏转电磁铁进行组合而成的。另一方面,对于通常的射束位置传感器,由于利用一个射束位置传感器能够测定两个方向,因此记载为“~个”。

[0036] 下面对这种由在直线上配置有第1转向电磁铁6F及第2转向电磁铁6B(统称为转向电磁铁6)和第1位置传感器5F及第2位置传感器5B(统称为射束位置传感器5)的射束轨道修正装置所进行的轨道修正进行说明。

[0037] 第1转向电磁铁6F改变射束的前进方向,以使由第1位置传感器5F检测到的粒子射线B的轨道位置成为设计位置。接着,第2转向电磁铁6B改变射束的前进方向,以使由第2位置传感器5B检测到的射束位置与第1位置传感器5F检测到的射束位置相同。即,第1转向电磁铁6F使粒子射线B偏转以修正粒子射线B的轨道位置,第2转向电磁铁6B使粒子射线B偏转以修正粒子射线B的轨道的倾斜度。由此,能够对通过第2位置传感器5B的粒子射线B的轨道的位置和倾斜度进行修正。

[0038] 这里,通过第2位置传感器的粒子射线B的轨道的准确度很大程度上取决于第2偏转电磁铁6B(严格来说是偏转的位置)和第2位置传感器5B之间的距离 L_S 。若将第2位置传感器5B处因第2转向电磁铁6B造成的轨道的偏离量设为 Δ_{X5B} ,第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B之间的轨道的倾斜度设为 S_B ,则第2位置传感器5B处轨道的偏离量 Δ_{X5B} 可表示为下式(1)。

$$[0039] \quad \Delta_{X5B} = S_B \times L_S \cdots (1)$$

[0040] 这里,若将射束位置传感器5的位置测定分辨力(误差)设为 Δ_E ,则即使是能够在射束位置传感器5的分辨力的范围内准确地修正轨道的情况下,也需要考虑第2位置传感器5B处轨道的偏离量 Δ_{X5B} 最大为 Δ_E 。即,需要考虑倾斜度 S_B 具有式(2)所示的误差 Δ_{S_B} 。

$$[0041] \quad \Delta_{S_B} = \Delta_E / L_S \cdots (2)$$

[0042] 这里,若将射束位置传感器5的位置测定分辨力(误差)设为 Δ_E ,则即使当能够在射束位置传感器5的分辨力的范围内准确地修正轨道时,也需要考虑第2位置传感器5B处轨道的偏离量 Δ_{X5B} 最大为 Δ_E 。即,需要考虑倾斜度 S_B 具有式(2)所示的误差 Δ_{S_B} 。

$$[0043] \quad \Delta_{S_B} = \Delta_E / L_S \cdots (2)$$

[0044] 这里,在考虑到射束输送系统20上的两点间的轨道误差的情况下,下游的点处的轨道误差 Δ_{X1} 、 $\Delta_{X'1}$ 可如下式(3)所示,用上游的点处的轨道误差 Δ_{X0} 、 $\Delta_{X'0}$ 的线性组合来表示。

[0045] 【数学式1】

$$[0046] \quad \begin{pmatrix} \Delta_{X1} \\ \Delta_{X'1} \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} \Delta_{X0} \\ \Delta_{X'0} \end{pmatrix} \cdots (3)$$

[0047] 这里, Δx_0 、 Δx_1 是轨道位置的误差, $\Delta x'_0$ 、 $\Delta x'_1$ 是轨道的倾斜度的误差, M 是表示两点间的传输的方阵,称为传输矩阵。

[0048] 旋转吊架10的入口处的轨道的倾斜度的误差与第2位置传感器5B相同,也为 ΔS_B 。此时,在从旋转吊架10的入口起的照射装置4中轨道位置的误差中,因 ΔS_B 而产生的误差 Δx_4 可使用从旋转吊架10的入口到照射装置4的输送矩阵的第一行第二列的分量 M_{12} ,如下式(4)那样来进行表示。

[0049] $\Delta x_4 = M_{12} \Delta S_B \cdots (4)$

[0050] 其中, M_{12} 是随旋转吊架10的结构而变化的值,例如,在某一结构中, $M_{12} = 1.4$ 。在旋转吊架10为 $M_{12} = 1.4$ 的结构的情况下,若要将照射装置4中的误差 Δx_4 抑制在例如0.1mm左右,则 ΔS_B 至少需要为0.07ppm左右。此时,例如,若射束位置传感器5的位置检测精度 ΔE 为10 μm ,则根据式(2), L_s 可以在14cm左右。

[0051] 然而,实际的粒子射线的射束强度具有以射束轴为中心的分布(例如,高斯分布),且难以高精度地检测射束的中心,位置检测精度在几百 μm 左右。在具有这种位置检测精度的情况下,例如,为了将在几米的路径中前进的粒子射线的位置的偏离抑制在0.5mm以下,必须将第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B间的距离 L_s 设定为几米以上。并且,如上所述,需要确保距离 L_s 在旋转吊架10的转轴 X_R 上。为此,不仅设置空间变大,且设置灵活度也受到限制,设备变得过大。

[0052] 因此,在本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗装置中,将用于获得距离 L_s 的直线部设置为跨过旋转吊架10的入口。具体而言,在位于旋转吊架10的入口的入口侧偏转电磁铁1,除了设有使粒子射线B向径向外侧偏转的通常的偏转路径 1_c 外,还设置有不使入射的粒子射线B偏转而使其直线前进的直进路径 1_s 。

[0053] 设置在入口侧偏转电磁铁1内的未图示的真空管道具有分支为偏转方向(偏转路径 1_c)和以转轴 X_R 为中心的直线方向(直进路径 1_s)的结构,利用未图示的控制部来切换成任意的路径。此外,在从直线方向的直进路径 1_s 起的延长线上设置第2位置传感器5B,在通往第2位置传感器5B的路径中也利用真空管道来确保真空气氛。另外,在设置于照射室7的外侧壁面的第2位置传感器5B设有遮蔽壁,以使得粒子射线B不会从下游侧射出。

[0054] 在进行粒子射线照射时,使用通常的偏转路径 1_c ,在为进行轨道修正而调整转向电磁铁6时,将入口侧偏转电磁铁1的路径切换为直进路径 1_s 。在切换为直进路径 1_s 时,入口侧偏转电磁铁1不发生励磁,从而粒子射线B不发生偏转而到达第2位置传感器5B。但是,为了抵消入口侧偏转电磁铁1的残留磁场,可以对入口侧偏转电磁铁1的以与主线圈(未图示)同样的方式卷绕的辅助线圈进行通电。

[0055] 由此,在入口侧偏转电磁铁1(严格来说为主线圈)不发生励磁的情况下,可视为在第2位置传感器5B与第2转向电磁铁6B之间不存在改变射束前进方向的要素。因此,根据第2转向电磁铁6B和第2位置传感器5B设置在沿着转轴 X_R 的同一直线上的情况,在中途跨过旋转吊架10的入口的第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B间的轨道的倾斜度可视为与通过通常的偏转路径 1_c 而到达照射装置4的路径中轨道的倾斜度相同。

[0056] 因此,利用旋转吊架10的入口到设置有第2位置传感器5B的照射室7的壁面的距离,可得到两个射束位置传感器5间的距离 L_s 的一部分。因此,能够在确保粒子射线B的轨道的倾斜度精度的同时,减少配置轨道修正装置(5、6)的直线部中到旋转吊架10入口的距离

L_A 。

[0057] 另外,在上述距离、位置偏离的计算中,将第1位置传感器5F检测出的轨道位置和通过第2转向电磁铁6B的轨道位置视为相同来进行说明,但严格来说,包含有下述误差。例如,若将第1转向电磁铁6F与第1位置传感器5F间的距离设为 L_1 ,第1转向电磁铁6F与第2转向电磁铁6B间的距离设为 L_2 ,第1转向电磁铁6F处轨道的偏离量设为 Δx_{6u} ,则在第1位置传感器5F处,当粒子射线B通过符合设计值(偏离量0)的轨道时,通过第2转向电磁铁6B的粒子射线B的轨道上,如式(5)所示那样,包含有与设备间的距离的内分相对应的偏离量 Δx_{6d} 。

$$[0058] \quad \Delta x_{6d} = \Delta x_{6u} \times (L_2 - L_1) / L_2 \cdots (5)$$

[0059] 这里,由于第1转向电磁铁6F与第2转向电磁铁6B间的距离、或者第1转向电磁铁6F与第1位置传感器5F间的距离相比于第2转向电磁铁6B与第1位置传感器5F间的距离($L_2 - L_1$)足够大,因此可忽略 Δx_{6d} 。或者,为了使通过第2转向电磁铁6B时的粒子射线B的位置符合设计值,也可以使用式(5)的关系及根据第1转向电磁铁6F处的励磁量换算得到的值,来修正第1位置传感器5F处的位置以使其偏离设计值。

[0060] 另外,在第1转向电磁铁6F~第2转向电磁铁6B的区间内,当然也可以插入包含各种电磁铁的任意设备。此时,仍然可以将上述误差考虑在内来进行配置。

[0061] 如上所述,根据本实施方式1所涉及的粒子射线治疗装置,具有将粒子射线B成形为与照射对象相对应的照射野来进行照射的照射装置4、以及构成为使照射装置4绕着转轴 X_R 旋转来对被照射体照射粒子射线B的旋转吊架10,旋转吊架10中设置有偏转电磁铁(入口侧偏转电磁铁1),该偏转电磁铁具有使沿着转轴 X_R 所提供的粒子射线B向径向偏转从而导入照射装置4的偏转路径 1_c 、以及与偏转路径 1_c 自由切换并使所提供的粒子射线B直线前进的直进路径 1_s ,且该粒子射线治疗装置还包括轨道修正装置(5、6),该轨道修正装置(5、6)具有:第1位置传感器5F,该第1位置传感器5F对提供给旋转吊架10的粒子射线B的轨道位置进行检测;第1转向电磁铁6F,该第1转向电磁铁6F设置在第1位置传感器5F的上游侧,对通过第1位置传感器5F的粒子射线B的轨道位置进行修正;第2转向电磁铁6B,该第2转向电磁铁6B设置于第1位置传感器5F的下游,对经由第1转向电磁铁6F修正了轨道位置的粒子射线B的轨道的倾斜度 S_B 进行修正;以及第2位置传感器5B,该第2位置传感器5B设置于距离第2转向电磁铁6B规定距离 L_s 的下游侧,检测出利用第2转向电磁铁6B修正轨道的倾斜度 S_B 的粒子射线B的轨道位置,且在转轴 X_R 方向的两侧夹着偏转电磁铁(入口侧偏转电磁铁1)来配置第1位置传感器5F和第2位置传感器5B,因此,即使缩短旋转吊架10的入口侧的直线距离,也能够确保第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B之间的距离 L_s 为规定距离,从而可得到能够抑制设备变得过大、提高粒子射线B的倾斜度 S_B 的精度、能够准确地提供适当剂量的粒子射线治疗装置。

[0062] 实施方式2

[0063] 本实施方式2中,相对于实施方式1,局部地更换了构成轨道修正装置的射束位置传感器和转向电磁铁的配置顺序。图3用于说明本实施方式2所涉及的粒子射线治疗装置,是为了说明用于修正提供给旋转吊架的粒子射线的轨道的装置结构,且示出了粒子射线治疗装置中旋转吊架附近的主要设备的配置的图。图中,对于与实施方式1相同的部分,标注相同的标号,并省略详细说明。此外,在本实施方式2及其之后的各实施方式中,引用实施方式1中进行了说明的图2。

[0064] 如图3所示,在本实施方式2中,也沿着粒子射线B的前进方向,在最上游配置第1转向电磁铁6F,在最下游配置第2位置传感器5B,在两者之间配置第2转向电磁铁6B和第1位置传感器5F。并且,上述设备均配置在转轴 X_R 上,以使得旋转吊架10的入口位于第2转向电磁铁6B及第1位置传感器5F与第2位置传感器5B之间。但是,在本实施方式2中,与实施方式1不同的是将第2转向电磁铁6B配置于第1位置传感器5F的上游侧。

[0065] 本实施方式2中,为了减小通过旋转吊架10的入口的粒子射线B的轨道的位置和倾斜度的误差,同时利用两个射束位置传感器5(第1位置传感器5F和第2位置传感器5B)这两者来调整两个转向电磁铁6(第1转向电磁铁6F和第2转向电磁铁6B)处的偏转量,以使得粒子射线B的轨道位置变为设计位置。此时,与实施方式1相同地,入口侧偏转电磁铁1不发生励磁,从第2转向电磁铁6B到第2位置传感器5B之间不存在改变粒子射线B的前进方向的要素。

[0066] 在该情况下,若使用第1位置传感器5F与第2位置传感器5B间的距离 L_s 来替代第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B间的距离,则距离 L_s 越长,照射装置4中的位置偏离量 Δx_4 越小。因此,通过使第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B之间的直线部跨过旋转吊架10的入口,从而在确保粒子射线B的轨道的倾斜度精度的同时,能够减少配置轨道修正装置(5、6)的直线部中到旋转吊架10的入口为止的距离 L_A 。

[0067] 并且,在该配置中,由于经由两个转向电磁铁6修正了位置和倾斜度的粒子射线B通过两个射束位置传感器5,因此,无需考虑实施方式1中所说明的式(5)那样的误差。即,仅使通过两个射束位置传感器5的粒子射线B的轨道位置符合设计值即可。

[0068] 另外,在第1转向电磁铁6F~第1位置传感器5F的区间,可以插入包含各种电磁铁的任意设备,在这种情况下,也可以如实施方式1那样无需考虑各设备的配置以减小式(5)的误差。

[0069] 如上所述,根据本实施方式2所涉及的粒子射线治疗装置,具有将粒子射线B成形为与照射对象相对应的照射野来进行照射的照射装置4、以及构成为使照射装置4绕着转轴 X_R 旋转来对被照射体照射粒子射线B的旋转吊架10,旋转吊架10中设置有偏转电磁铁(入口侧偏转电磁铁1),该偏转电磁铁具有使沿着转轴 X_R 所提供的粒子射线B向径向偏转从而导入照射装置4的偏转路径 1_c 、以及与偏转路径 1_c 自由切换并使所提供的粒子射线B直线前进的直进路径 1_s ,且该粒子射线治疗装置还包括轨道修正装置(5、6),该轨道修正装置(5、6)具有:第1位置传感器5F,该第1位置传感器5F对提供给旋转吊架10的粒子射线B的轨道位置进行检测;第1转向电磁铁6F,该第1转向电磁铁6F设置于第1位置传感器5F的上游侧,对通过第1位置传感器5F的粒子射线B的轨道位置进行修正;第2转向电磁铁6B,该第2转向电磁铁6B设置于第1转向电磁铁6F与第1位置传感器5F之间,对经由第1转向电磁铁6F修正了轨道位置的粒子射线B的轨道的倾斜度 S_b 进行修正;以及第2位置传感器5B,该第2位置传感器5B设置于距离第1位置传感器5F规定距离 L_s 的下游侧,检测出利用第2转向电磁铁6B修正轨道的倾斜度 S_b 的粒子射线B的轨道位置,且在转轴 X_R 方向的两侧夹着偏转电磁铁(入口侧偏转电磁铁1)来配置第1位置传感器5F和第2位置传感器5B,因此,即使缩短旋转吊架10的入口侧的直线距离,也能够确保第1位置传感器5F与第2位置传感器5B之间的距离 L_s 为规定距离,从而可得到能够抑制设备变得过大、提高粒子射线B的倾斜度 S_b 的精度、能够准确地提供适当剂量的粒子射线治疗装置。

[0070] 此外,如上述实施方式1和实施方式2所述,将第1位置传感器5F和第2转向电磁铁6交换也可以同样地考虑距离关系,只要重点关注两个射束位置传感器5即可。即,根据实施方式1或2所涉及的粒子射线治疗装置,具有旋转吊架10,该旋转吊架10使照射装置4绕着转轴 X_R 旋转,向被照射体照射粒子射线B,旋转吊架10中设置有偏转电磁铁(入口侧偏转电磁铁1),该偏转电磁铁具有使沿着转轴 X_R 提供来的粒子射线B向径向偏转并导入照射装置4的偏转路径 1_c 、以及与偏转路径 1_c 自由切换并使所提供的粒子射线B直线前进的直进路径 1_s ,粒子射线治疗装置还包括轨道修正装置(5、6),该轨道修正装置(5、6)具有在转轴 X_R 方向的两侧夹着偏转电磁铁(入口侧偏转电磁铁1)配置的两个位置传感器(射束位置传感器5),因此,即使缩短旋转吊架10的入口侧的直线距离 L_A ,也能够确保第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B之间、或者第1位置传感器5F与第2位置传感器5B之间的距离 L_S 为规定距离,从而可得到能够抑制设备变得过大、提高粒子射线B的倾斜度 S_B 的精度、能够准确地提供适当剂量的粒子射线治疗装置。

[0071] 实施方式3

[0072] 上述实施方式1或2中,举例示出了到第2位置传感器为止的直线部延长到照射室跟前的示例。本实施方式3及其之后所示的实施方式4和5中,使得到第2位置传感器为止的直线部延长至照射室内。图4用于说明本实施方式3所涉及的粒子射线治疗装置,是为了说明用于修正提供给旋转吊架的粒子射线B的轨道的装置结构,且示出了粒子射线治疗装置中旋转吊架附近的主要设备的配置的图。图中,对于与实施方式1或2相同的部分,标注相同的标号,并省略详细说明。此外,在本实施方式3及其之后的实施方式4和5中,引用实施方式1中进行了说明的图2。

[0073] 如图4所示,本实施方式3所涉及的粒子射线治疗装置中,在入口侧偏转电磁铁1的直进路径 1_s 的前端、即相当于照射室7的壁的部分,设置用于使粒子射线B透过的真空窗8。并且,在照射室7内的直进路径 1_s 的延长线上设置有第2位置传感器5B。由此,通过直进路径 1_s 的粒子射线B经由真空窗8向设置在照射室7内的第2位置传感器5B前进。

[0074] 因此,在对粒子射线B的轨道进行修正时,人不会进入有患者K在的照射室7内,并且在连接真空窗8到第2位置传感器5B的直线内不存在障碍物等。由此,除了真空窗8到第2位置传感器5B之间存在大气的情况之外,也可利用照射室7内的空间来实现第1位置传感器5F与第2位置传感器5B之间的距离 L_S 。

[0075] 另外,上述这样将照射室7的空间也利用来实现距离 L_S 的配置也适用于将第1位置传感器5F配置于第2转向电磁铁6B的上游侧的情况。即,由于将第1位置传感器5F与第2位置传感器5B之间、或者第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B之间的直线部也设置在照射室7内的空间内,因此,与实施方式1或2相比,能够进一步缩短第1位置传感器5F与旋转吊架10入口间、或者第2转向电磁铁6B与旋转吊架10入口间的距离 L_A 。另外,当然,在治疗过程中或照射室7内有人进入的情况下,即使设定为粒子射线B通过偏转路径 1_c 时,也能够进行遮蔽,而不会使粒子射线B从真空窗8射出。

[0076] 如上所述,根据本实施方式3所涉及的粒子射线治疗装置,由于两个射束位置传感器5中配置于下游侧的第2位置传感器5B设置在用于照射粒子射线B的照射室7内,因此,能够进一步缩短第1位置传感器5F与旋转吊架10入口间、或第2转向电磁铁6B与旋转吊架10入口间的距离 L_A 。

[0077] 实施方式4

[0078] 本实施方式4中,相对于上述实施方式3,在真空窗与第2位置传感器之间的空间内设置例如充满规定的气体且容易拆卸的袋状管道。图5用于说明本实施方式4所涉及的粒子射线治疗装置,是为了说明用于修正提供给旋转吊架的粒子射线的轨道的装置结构,且示出了粒子射线治疗装置中旋转吊架附近的主要设备的配置的图。图中,对于与实施方式3相同的部分,标注相同的标号,并省略详细说明。

[0079] 如图5所示,在本实施方式4所涉及的粒子射线治疗装置中,在真空窗8与第2位置传感器5B之间的粒子射线B的轨道上,设置有充满氦等原子序数较小的气体且容易拆卸的袋(气体收纳用袋容器)状管道9G。由此,能够减少射束因大气散射而扩大,从而能够使细射束不受大气散射影响地到达第2位置传感器5B。因此,与实施方式3相比,能够提高第2位置传感器5B处射束位置的检测精度,能更为准确地修正粒子射线B的轨道。另外,在治疗过程中(粒子射线B通过偏转路径1c的情况),撤去管道9G。

[0080] 如上所述,根据本实施方式4所涉及的粒子射线治疗装置,由于在入口侧偏转电磁铁1与第2位置传感器5B之间的空间中的照射室7内的部分设置有可使内部成为规定的气体气氛并可自由拆卸的管道9G,因而,能够提高第2位置传感器5B处射束位置的检测精度,更为准确地对粒子射线B的轨道进行修正。

[0081] 实施方式5

[0082] 本实施方式5中,相对于上述实施方式4,设置真空管道来取代保持有气体气氛的袋状管道。图6用于说明本实施方式5所涉及的粒子射线治疗装置,是为了说明用于修正提供给旋转吊架的粒子射线B的轨道的装置结构,且示出了粒子射线治疗装置中旋转吊架附近的主要设备的配置的图。图中,对于与实施方式4相同的部分,标注相同的标号,并省略详细说明。

[0083] 如图6所示,在本实施方式5所涉及的粒子射线治疗装置中,在真空窗8与第2位置传感器5B之间的粒子射线B的轨道上,设置有真空管道9V。由此,能够减少射束因大气散射而扩大,从而能够使细射束不受大气散射影响地到达第2位置传感器5B。因此,与实施方式4相同,能够提高第2位置传感器5B处射束位置的检测精度,能更为准确地修正粒子射线B的轨道。另外,在本实施方式5中,也与实施方式4相同,在治疗过程中(粒子射线B通过偏转路径1c的情况)撤去真空管道9V。

[0084] 如上所述,根据本实施方式5所涉及的粒子射线治疗装置,由于在入口侧偏转电磁铁1与第2位置传感器5B之间的空间中的照射室7内的部分设置有可使内部成为真空并可自由拆卸的真空管道9V,因而,能够提高第2位置传感器5B处射束位置的检测精度,更为准确地对粒子射线B的轨道进行修正。

[0085] 实施方式6

[0086] 本实施方式6中,相对于上述实施方式4或5,在旋转吊架设置有用以收纳管道的收纳部。图7(a)和图7(b)用于说明本实施方式6所涉及的粒子射线治疗装置,分别是表示形式不同的旋转吊架中与转轴垂直的方向的剖面形状的示意图。图中,对于与实施方式4或5相同的部分,标注相同的标号,并省略详细说明。

[0087] 如图7(a)或图7(b)所示,本实施方式6所涉及的粒子射线治疗装置中,管道9G或真空管道9V(统称为管道9)的射束前进方向侧端部被收纳于旋转吊架10内。并且,在旋转吊架

10的外周侧的周向上避开照射装置4和其对角的位置、以及旋转吊架10的中间偏转电磁铁2、出口侧偏转电磁铁3及射束输送配管11所在区域的区域中设置收纳部19。另外,在应用于专利文献2所记载的旋转吊架10(参照图7(b))的情况下,由于照射装置4和中间偏转电磁铁2、出口侧偏转电磁铁3及射束输送配管11不存在于相同的方位角区域,因此需要加以注意。

[0088] 在治疗过程中,将管道9G或真空管道9V收纳于收纳部19。由此,无需将管道9G或真空管道9V导入照射室7或从照射室7拆除,从而能够缩短治疗准备所需的时间。

[0089] 如上所述,根据实施方式6所涉及的粒子射线治疗装置,由于在旋转吊架10设置有收纳管道9的收纳部19,因此,能够缩短治疗准备所需的时间。

[0090] 实施方式7

[0091] 本实施方式7所涉及的粒子射线治疗装置是应用了上述各实施方式的技术而得到的实施方式,相对比地配置有两个旋转吊架。图8(a)和图8(b)用于比较现有技术与本实施方式7所涉及的粒子射线治疗装置的设备的大小,图8(a)示出现有例的设备,图8(b)示出本实施方式7所涉及的粒子射线治疗装置的配置。图中,对于与各实施方式相同的部分,标注相同的标号,并省略详细说明。

[0092] 如图8(a)或图8(b)所示,在现有例和本实施方式7所涉及的粒子射线治疗装置中,与加速器30相连的输送系统20在分支点 P_B 处被分为与分别相对比地进行配置的旋转吊架 10_{-1} 或 10_{-2} 相连的输送路 21_{-1} 和 21_{-2} 。如现有技术那样,在需要确保第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B之间的直线部的距离 L_s 到旋转吊架10的入口为止的情况下,需要将旋转吊架10配置为使得从分支点 P_B 到旋转吊架10的入口的距离比距离 L_s 要长。另一方面,如本实施方式7所示,在两个射束位置传感器5之间的直线部形成为跨过旋转吊架10的入口的情况下,能够将旋转吊架10配置为使得从分支点 P_B 到入口的距离短于距离 L_s ,因此,设备配置所需的面积变小。另外,在本例中,对相对比地进行配置的旋转吊架部分的配置进行了说明,但当然也可以存在其他方式的照射室。

[0093] 实施方式8

[0094] 本实施方式8所涉及的粒子射线治疗装置是应用了上述各实施方式的技术而得到的实施方式,配置了一个旋转吊架。图9(a)和图9(b)用于比较现有技术与本实施方式8所涉及的粒子射线治疗装置的配置的设备的大小,图9(a)示出现有例的设备,图9(b)示出本实施方式8所涉及的粒子射线治疗装置的配置。图中,对于与各实施方式相同的部分,标注相同的标号,并省略详细说明。

[0095] 如图9(a)或图9(b)所示,在现有例和本实施方式8所涉及的粒子射线治疗装置中,在与加速器30相连的输送系统20之前设置旋转吊架10。如现有技术那样,在需要确保第2转向电磁铁6B与第2位置传感器5B之间的直线部的距离 L_s 到旋转吊架10的入口为止的情况下,需要将旋转吊架10配置为使得从分支点 P_B 到旋转吊架10的入口的距离比距离 L_s 要长。另一方面,如本实施方式8所示,在两个射束位置传感器5之间的直线部形成为跨过旋转吊架10的入口的情况下,能够将旋转吊架10配置为使得从分支点 P_B 到入口的距离短于距离 L_s ,因此,设备配置所需的面积变小。另外,在本例中,对旋转吊架部分的配置进行了说明,但当然也可以存在其他方式的照射室。

[0096] 标号说明

[0097] 1:入口侧偏转电磁铁(偏转电磁铁), 1_c :偏转路径, 1_s :直进路径,2:中间偏转电磁

铁,3:出口侧偏转电磁铁,4:照射装置,5:射束位置传感器(轨道修正装置),5B:第2位置传感器,5F:第1位置传感器,6:转向电磁铁(轨道修正装置),6B:第2转向电磁铁,6F:第1转向电磁铁,7:照射室,8:真空窗,9:延长配管,9V:真空延长配管,10:旋转吊架,19:收纳空间,20:输送系统,30:加速器(射线源),B:粒子射线,C:等中心, L_A :直线部的到旋转吊架入口为止的距离, L_S :两个射束位置传感器间的距离、或第2转向电磁铁与第2位置传感器间的距离, P_B :射束输送路的分支点, X_R :转轴。

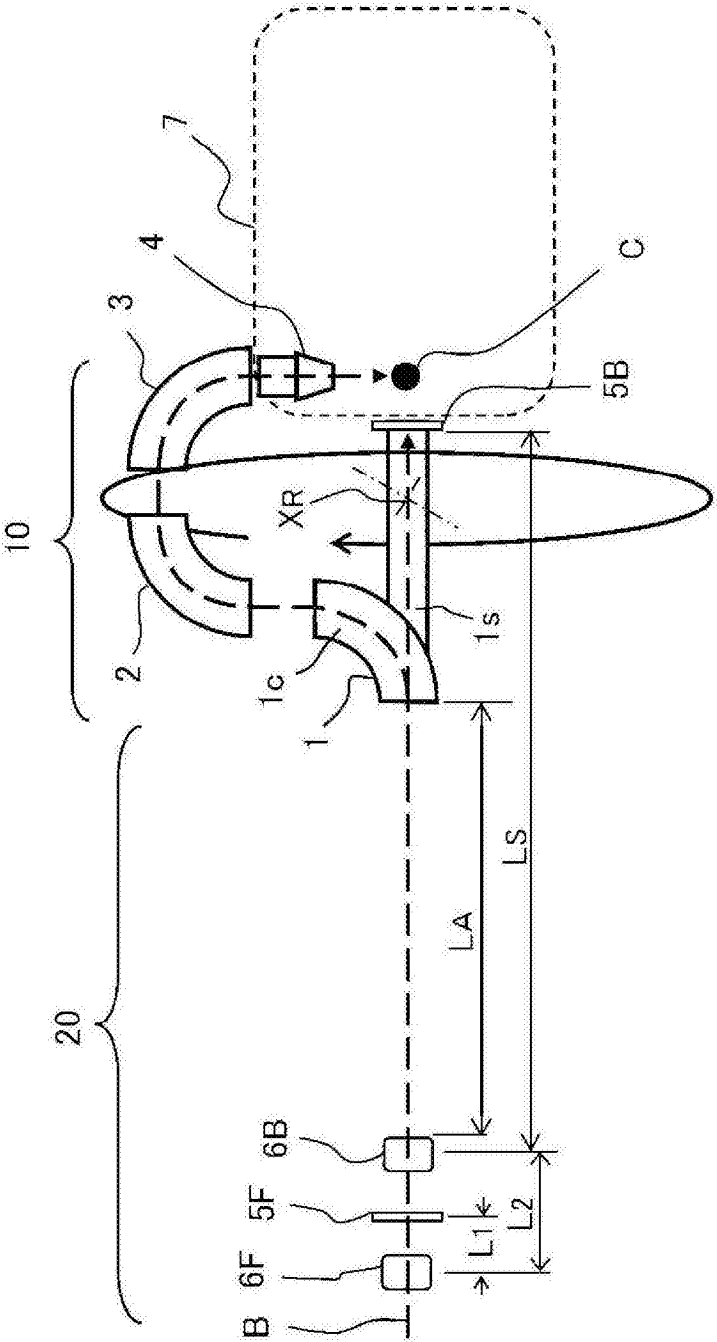


图1

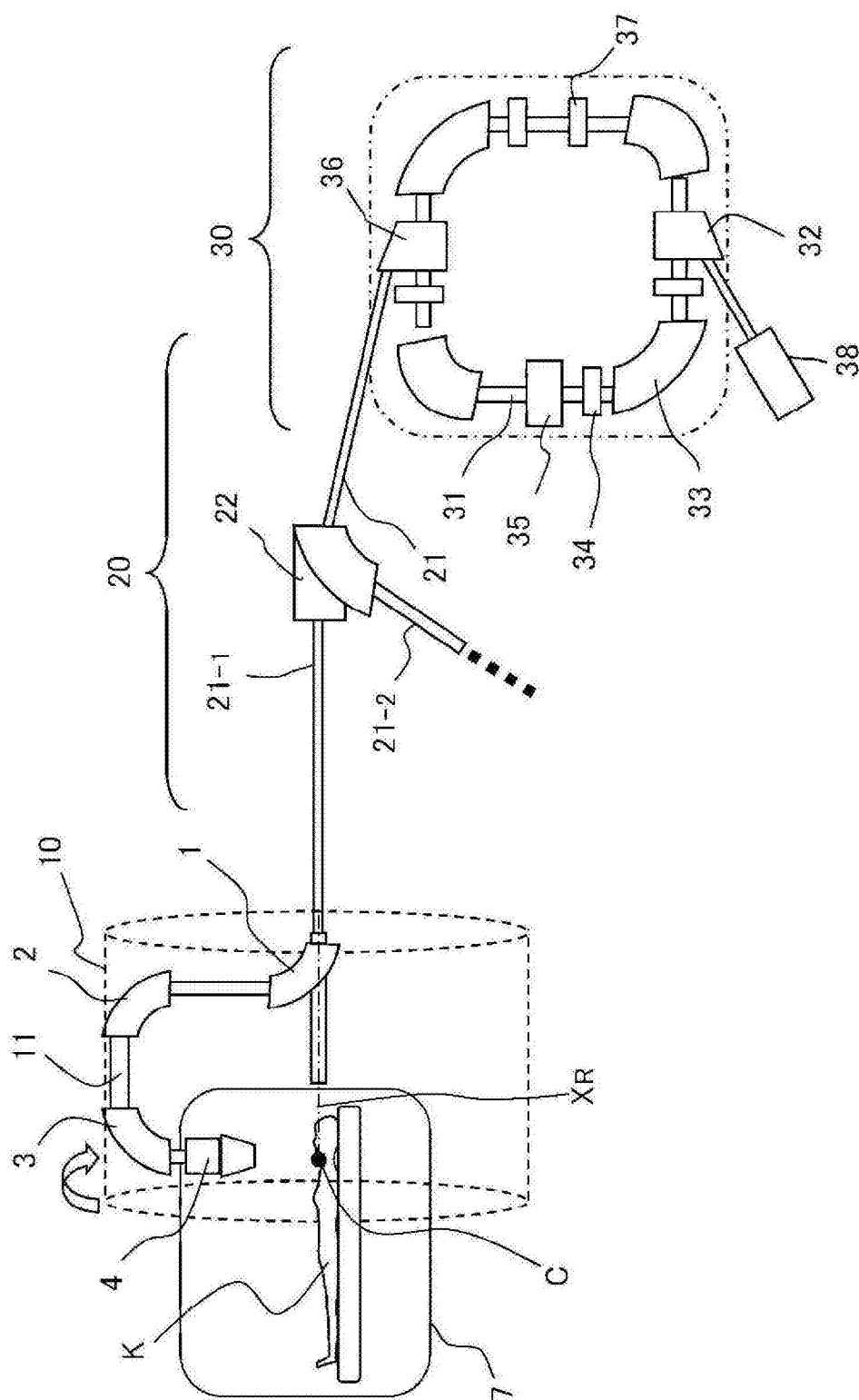


图2

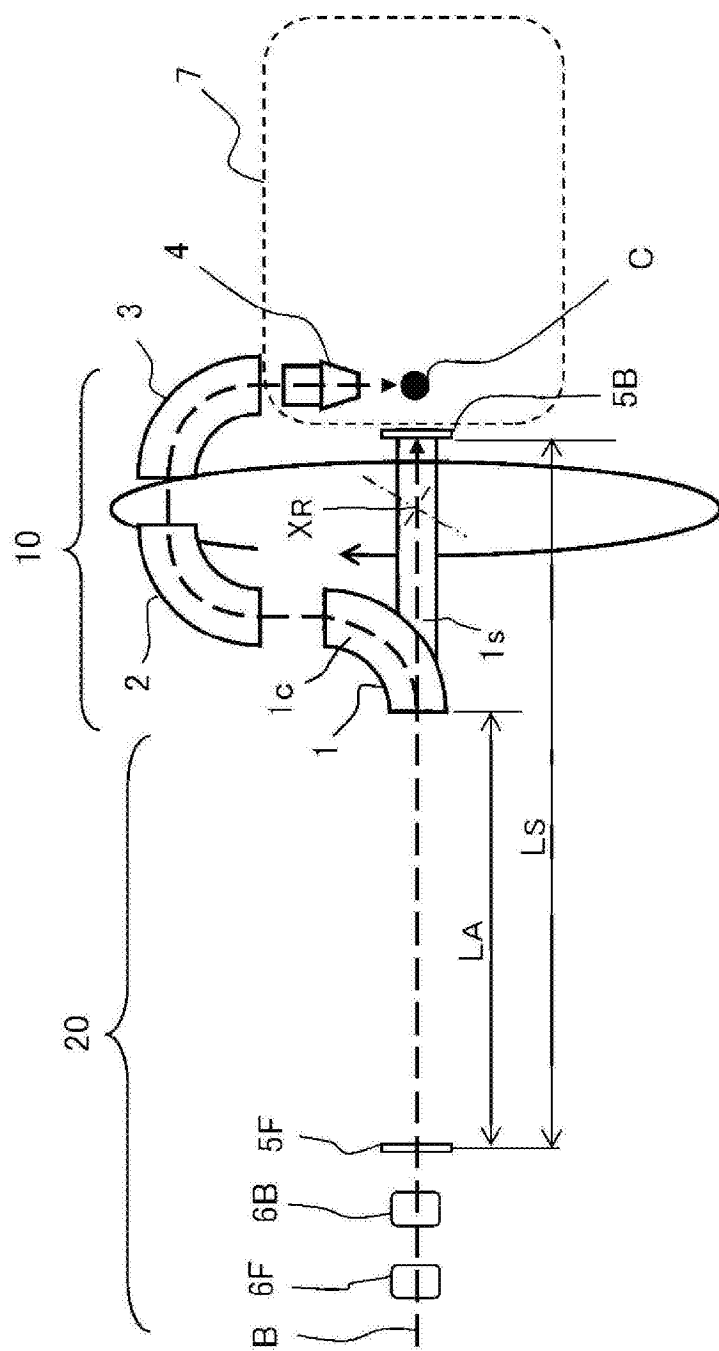


图3

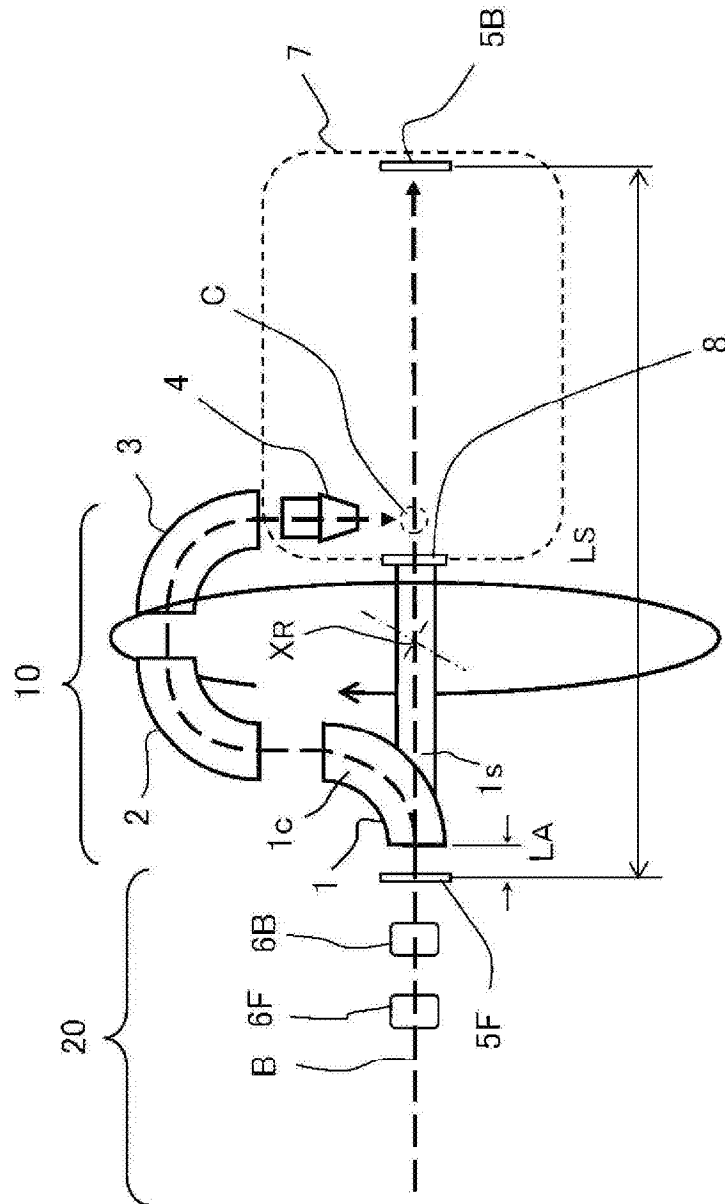


图4

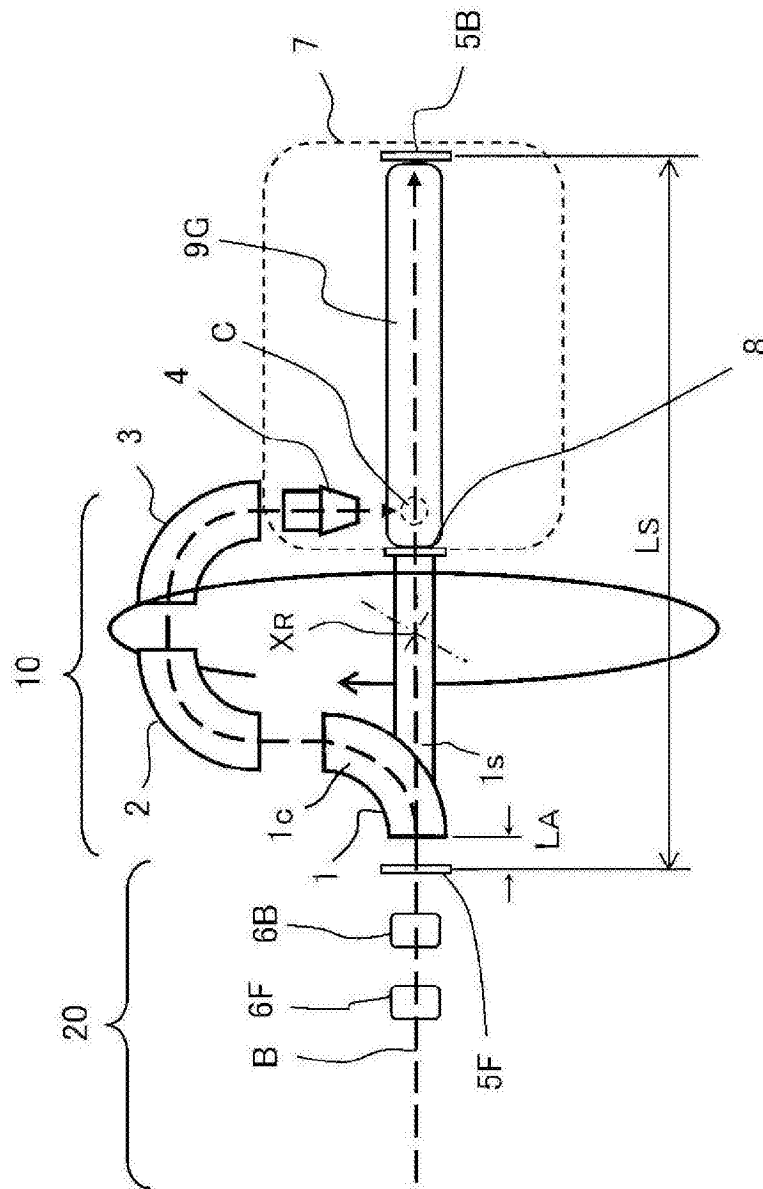


图5

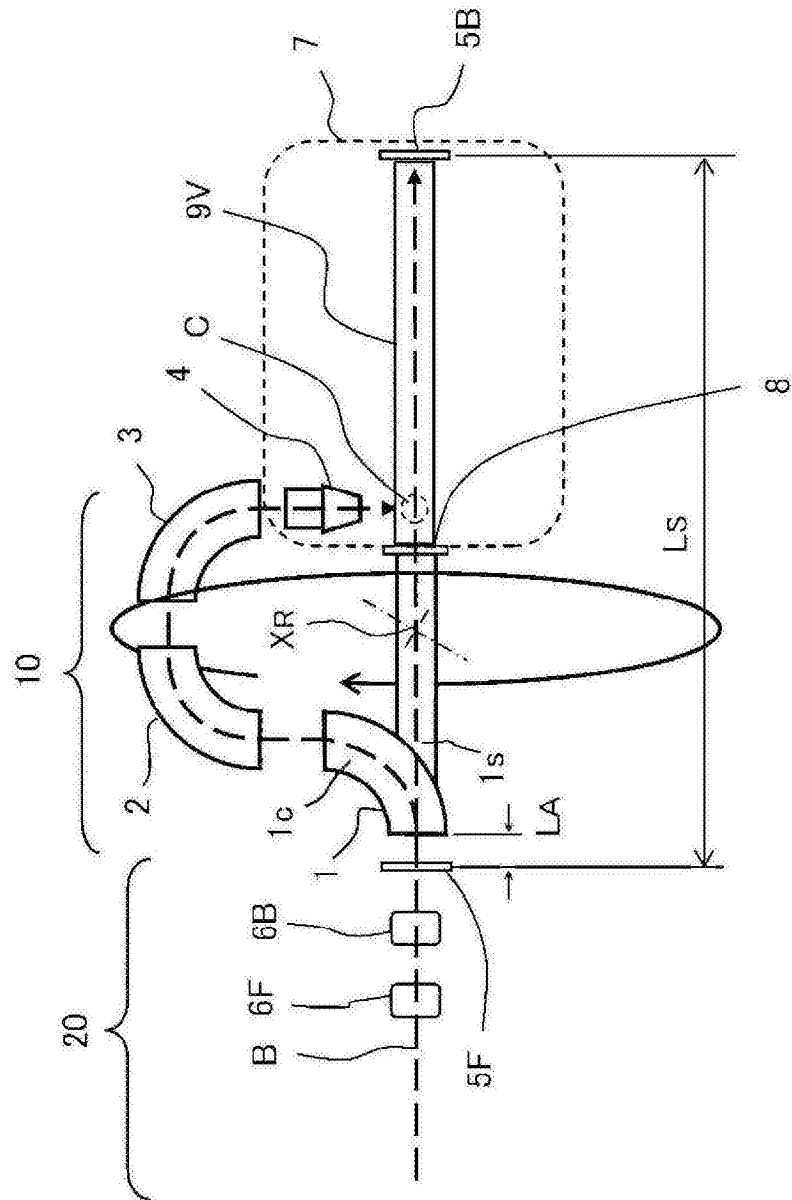


图6

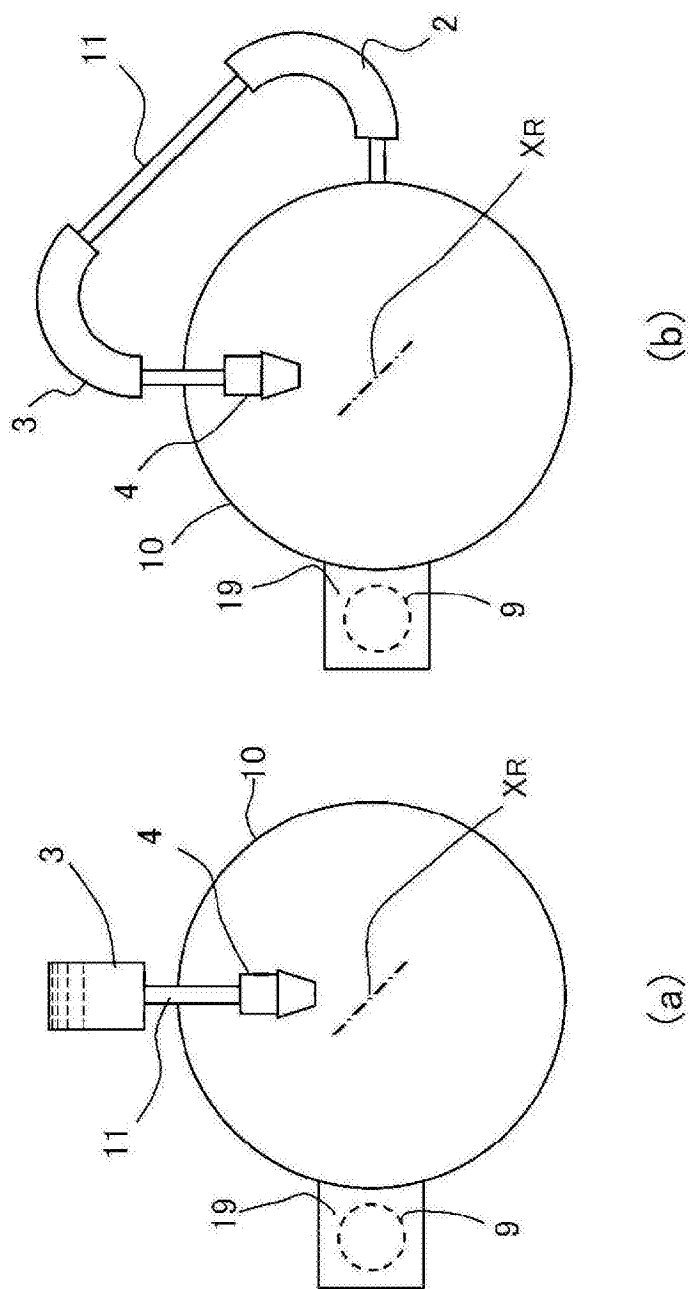


图7

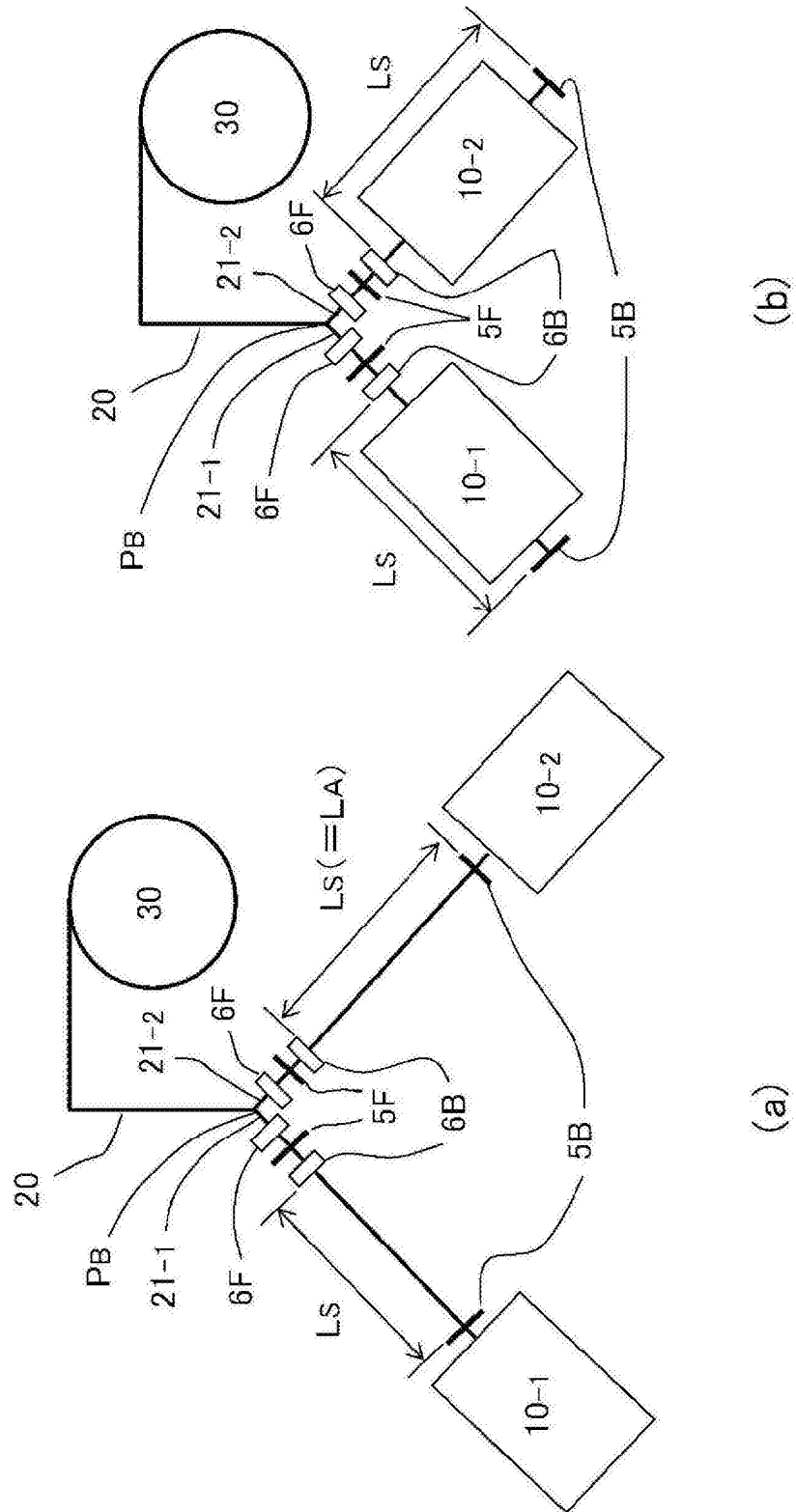


图8

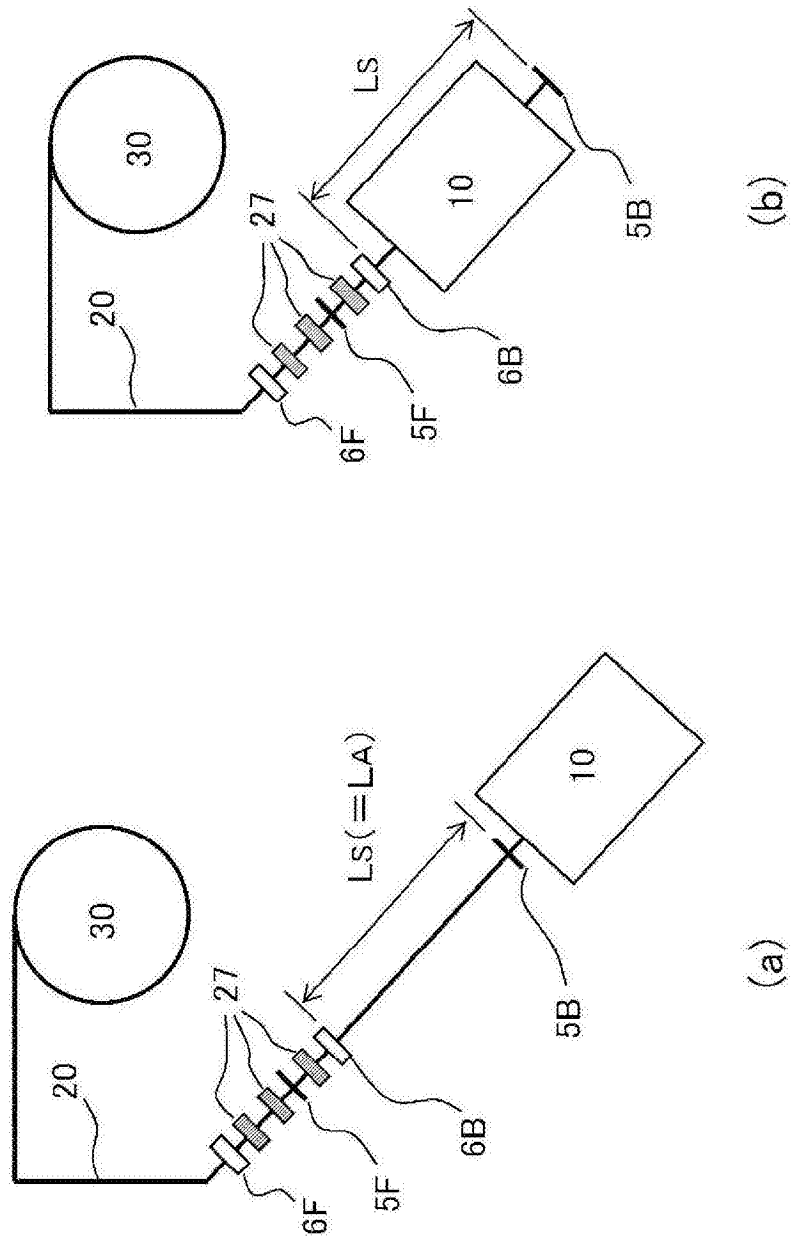


图9