



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105517629 B

(45)授权公告日 2018.05.29

(21)申请号 201380079237.7

(22)申请日 2013.08.29

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105517629 A

(43)申请公布日 2016.04.20

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.02.29

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2013/073093 2013.08.29

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/029178 JA 2015.03.05

(73)专利权人 三菱电机株式会社
地址 日本东京

(72)发明人 大谷利宏 小田原周平

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 周全

(51)Int.Cl.
A61N 5/10(2006.01)

(56)对比文件
JP 特开2009-259523 A,2009.11.05,全文.
CN 102188776 A,2011.09.21,说明书第
[0043]段-第[0115]段,附图1-23.

审查员 吴琳

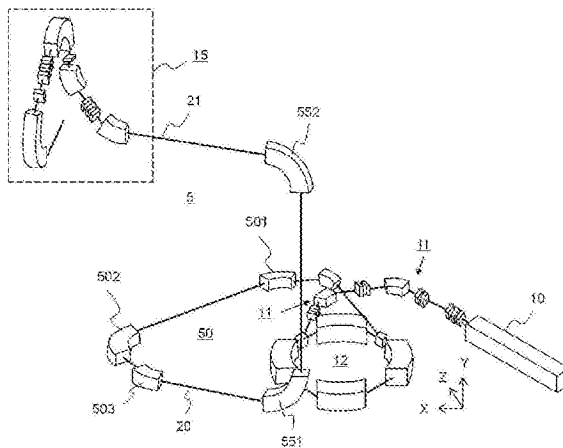
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

粒子射线治疗系统

(57)摘要

粒子射线传输部(5)具有:使粒子射线偏转至与圆形加速器(12)的加速器中间面平行的方向的水平偏转电磁体(501,502,503);使被该水平偏转电磁体弯曲了前进方向的粒子射线偏转至与平行于加速器中间面的方向不同的方向的第一垂直偏转电磁体(551);以及弯曲前进方向以使得被该第一垂直偏转电磁体弯曲了前进方向的粒子射线在与加速器中间面平行的方向上前进的第二垂直偏转电磁体(552),水平偏转电磁体设置在与设置有粒子射线照射部(15)的层不同的层中。



1. 一种粒子射线治疗系统，

该粒子射线治疗装置具有：加速粒子射线的圆形加速器；对从该圆形加速器射出的粒子射线进行传输的粒子射线传输部；以及用于将由该粒子射线传输部传输而来的粒子射线照射至患者的患部的、且设置于与所述圆形加速器不同的层的粒子射线照射部，其特征在于，

所述粒子射线传输部具有：使在与所述圆形加速器的加速器中间面平行的面内前进的所述粒子射线偏转至与所述圆形加速器的加速器中间面平行的方向的水平偏转电磁体；使被该水平偏转电磁体弯曲了前进方向的所述粒子射线偏转至与平行于所述加速器中间面的方向不同的方向的第一垂直偏转电磁体；以及弯曲前进方向以使得被该第一垂直偏转电磁体弯曲了前进方向的所述粒子射线在与所述加速器中间面平行的方向上前进的第二垂直偏转电磁体，所述水平偏转电磁体设置在与设置有所述粒子射线照射部的层不同的层中。

2. 如权利要求1所述的粒子射线治疗系统，其特征在于，

所述粒子射线照射部中，使投影在设置有所述水平偏转电磁体的层中的投影与设置有所述水平偏转电磁体的层的所述粒子射线传输部相重叠。

3. 如权利要求1所述的粒子射线治疗系统，其特征在于，

所述粒子射线照射部具有旋转吊架。

4. 如权利要求1至3中任一项所述的粒子射线治疗系统，其特征在于，

所述水平偏转电磁体由多个偏转电磁体构成，将所述水平偏转电磁体全部设置在与设置有所述粒子射线照射部的层不同的层中。

5. 如权利要求4所述的粒子射线治疗系统，其特征在于，

所述粒子射线照射部设置有多个，由多个所述偏转电磁体构成的水平偏转电磁体中的至少一个偏转电磁体具有使粒子射线分支成2个方向的功能。

6. 如权利要求1至3中任一项所述的粒子射线治疗系统，其特征在于，

输入至所述第一垂直偏转电磁体的粒子射线的前进方向与从所述第二垂直偏转电磁体输出的粒子射线的前进方向相反。

粒子射线治疗系统

技术领域

[0001] 本发明涉及照射粒子射线来治疗癌症等应用粒子射线的粒子射线治疗系统。

背景技术

[0002] 粒子射线治疗系统构成为如下结构：将被同步加速器等加速器加速后的高能量电荷粒子作为射束状的粒子射线，从加速器中取出，利用真空管道和偏转电磁体等构成的粒子射线传输部将所取出的粒子射线传输至治疗室，利用粒子射线照射装置将其照射至患者的患部。

[0003] 在粒子射线治疗装置中，由于需要配置如上所述的加速器、传输部、治疗室，因此需要较大的面积。为了减小设置面积，提出了如下结构：使治疗室与加速器处于不同高度，即将治疗室配置于与加速器不同的层（例如专利文献1、非专利文献1）。

[0004] 在专利文献1中构成为：使用回旋加速器来作为加速器，在加速器室的正上方配置治疗室，利用使从加速器射出的粒子射线在偏转至垂直方向的偏转电磁体将其传输至治疗室。另外，设置2个治疗室，在各个治疗室中配置吊架型的照射装置。利用使电磁体旋转的机构来使粒子射线在上述2个照射装置中切换。

[0005] 另一方面，在非专利文献1中构成为：使用同步加速器来作为加速器，与专利文献1同样地，在加速器室的正上方配置治疗室，利用使从加速器射出的粒子射线偏转至垂直方向的偏转电磁体来将其传输至治疗室所在的层，在治疗室所在的层，利用使粒子射线进一步偏转至水平方向的电磁体来将其传输至治疗室。在治疗室中，配置有吊架型的照射装置。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1：日本专利特开2012-100915号公报

[0009] 非专利文献

[0010] 非专利文献1：三菱电机新闻稿“对小型质子射线治疗装置的成品化”、网络（URL：http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2011/1012-b_zoom_02.html）

发明内容

[0011] 发明所要解决的技术问题

[0012] 在专利文献1所记载的粒子射线治疗系统中，由于将吊架型的照射装置配置成放射状，因此例如在有限的占地区域中设置粒子射线治疗装置较为困难。一般而言，粒子射线在圆形加速器的出口具有动量分散函数，为了在所希望的位置使分散函数变为零，需要考虑该动量分散函数来设计射束线。在动量分散函数不为零的位置，由于射束的动量扩散而会导致射束区域的增大、与射束分布的动量之间产生关联。另外，在射束的中心动量随时间发生变化的情况下，射束位置随时间发生变化。在利用粒子射线照射至患部的等中心处，为了减小射束区域，使其分布均匀，并且使射束的位置变化变为最小，需要使其在与圆形加速器的中间面（medianplane）平行的面内发生偏转，且使与中间面平行的方向上的动量分散

函数变为零。然而,在专利文献1的粒子射线治疗系统中,在与加速器中间面平行的面内,并没有采用使粒子射线偏转的结构。因此,无法使与加速器中间面平行的方向上的动量分散函数变为零,可能会导致射束尺寸的增大,产生与动量相关的射束分布的偏离,导致位置变化变大,从而可能会难以在照射对象上形成所希望的剂量分布。

[0013] 另一方面,在非专利文献1的粒子射线治疗装置中,能够使与加速器中间面平行的方向上的动量分散函数变为零。另外,属于适用于将其设置于占区域接近正方形的位置的情况下的结构。然而,由于需要在配置有治疗室的层中配置偏转电磁体,会导致配置治疗室的层的空间效率变差。

[0014] 本发明正是为了解决如上所述的现有粒子射线治疗系统的问题而设计的,其目的在于提供消除从圆形加速器射出的粒子射线中存在运动分散函数的问题,并且配置有治疗室的层的空间效率较高的粒子射线治疗系统。

[0015] 解决技术问题所采用的技术手段

[0016] 本发明涉及的粒子射线治疗装置具有:加速粒子射线的圆形加速器;对从该圆形加速器射出的粒子射线进行传输的粒子射线传输部;以及用于将由该粒子射线传输部传输而来的粒子射线照射至患者的患部的,且设置于与圆形加速器不同的层的粒子射线照射部,其中,粒子射线传输部具有:使粒子射线偏转至与圆形加速器的加速器中间面平行的方向的水平偏转电磁体;使被该水平偏转电磁体弯曲了前进方向的粒子射线偏转至与平行于加速器中间面的方向不同的方向的第一垂直偏转电磁体;以及弯曲前进方向以使得被该第一垂直偏转电磁体弯曲了前进方向的粒子射线在与加速器中间面平行的方向上前进的第二垂直偏转电磁体,水平偏转电磁体设置在与设置有粒子射线照射部的层不同的层中。

[0017] 发明效果

[0018] 根据本发明,能够提供消除从圆形加速器射出的粒子射线中存在动量分散函数的问题,并且提高配置有治疗室的层的空间效率的粒子射线治疗系统。

附图说明

[0019] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗系统的主要设备的配置的立体图。

[0020] 图2是表示本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗系统的主要设备的配置的俯视图。

[0021] 图3是表示配置有非专利文献1中所记载的粒子射线治疗系统的旋转吊架的层的主要设备的配置的俯视图。

[0022] 图4是表示本发明的实施方式2所涉及的粒子射线治疗系统的主要设备的配置的立体图。

[0023] 图5是表示本发明的实施方式2所涉及的粒子射线治疗系统的设置有圆形加速器和水平偏转电磁体的层的主要设备的配置的俯视图。

[0024] 图6是表示本发明的实施方式2所涉及的粒子射线治疗系统的设置有粒子射线照射部即旋转吊架的层的主要设备的配置的俯视图。

[0025] 图7是表示本发明的实施方式3所涉及的粒子射线治疗系统的主要设备的配置的立体图。

[0026] 图8是表示本发明的实施方式3所涉及的粒子射线治疗系统的主要设备的配置的俯视图。

具体实施方式

[0027] 实施方式1.

[0028] 图1是表示本发明的实施方式1所涉及的粒子射线治疗系统的将要结构的立体图。图1中仅示出了粒子射线治疗系统的主要设备的配置。粒子射线治疗系统由入射器10、低能量粒子射线传输部11、同步加速器等圆形加速器12、高能量粒子射线传输部5、旋转吊架15等子系统构成。

[0029] 接着,说明实施方式1所涉及的粒子射线治疗系统的基本动作和结构。由入射器10的离子源产生的离子(例如氢离子、碳离子)的集合即粒子射线利用入射器10的前级直线加速器来接受预加速,且被加速至规定的动能。受到预加速后的粒子射线从入射器10射出,并通过配置有各种电磁体的低能量粒子射线传输部11而被导入至圆形加速器12。图1中示出了同步加速器来作为圆形加速器。圆形加速器12中配置有偏转电磁体、轨道修正用电磁体、收敛或发散用四极电磁体等各种电磁体,以使得粒子射线在圆形加速器12内沿着圆周轨道旋转,从而使得粒子射线反复接受高频加速腔所形成的加速电场。粒子射线在被高频加速腔的加速电场反复加速后,其动能随着加速而变高。随着动能变高,粒子射线的偏转等所需的磁场强度发生变化,因此,构成圆形加速器12的各种电磁体等设备的运转参数也随时间而发生变化。圆形加速器12中的粒子射线达到所规定的动能,从而在能够取出粒子射线的时刻,利用射束出射装置将粒子射线送出至高能量粒子射线传输部5(也简称为粒子射线传输部5)。

[0030] 将粒子射线在圆形加速器12内沿着圆周轨道环绕的面称为加速器中间面。粒子射线传输部5利用偏转电磁体使粒子射线的前进方向变化,并将其传输至旋转吊架等、用于使粒子射线照射至患者的患部的粒子射线照射部15。下面,将粒子射线照射部15作为旋转吊架15来进行说明。在粒子射线传输部5中,具有:水平偏转电磁体501、502、503;使粒子射线偏转至与加速器中间面平行的方向以外的方向的第一垂直偏转电磁体551;以及使粒子射线返回至与加速器中间面平行的方向的第二垂直偏转电磁体552。粒子射线所通过的部分必须为真空以使得粒子射线不会发生散射,因而使粒子射线通过内置于粒子射线传输部5的真空管道中。除此之外,在粒子射线传输部5中还根据需要配置有用于使粒子射线收敛或发散的电磁体等。

[0031] 如上所述,在粒子射线传输部5中配置有第一垂直偏转电磁体551和第二垂直偏转电磁体552,将粒子射线传输至与圆形加速器12的加速器中间面不同的高度,能够在与设置圆形加速器12的层不同的层上设置粒子射线照射部。另一方面,水平偏转电磁体501、502、503全部设置在与设置圆形加速器12的层相同的层。

[0032] 在本说明书中,当粒子射线在与加速器中间面平行的面内前进时,将粒子射线的前进方向设为Z方向,将与Z方向垂直且在加速器中间面内或在与加速器中间面平行的面内的方向设为X方向,将与Z方向和X方向垂直的方向设为Y方向,由此来进行说明。因此,X-Z面是指与加速器中间面平行的面且为水平面,Y方向是指与该X-Z面垂直的方向、即垂直方向。从同步加速器等圆形加速器射出的粒子射线在圆形加速器的出口,在与粒子射线的前进

方向垂直的面内的方向具有动量分散函数。为了使动量分散函数在等中心处变为零,需要在考虑圆形加速器出口的动量分散函数的情况下进行设计。若所射出的粒子射线在等中心具有动量分散函数,则射束位置在等中心上会发生变化,因此,难以在照射对象即患者的患部上形成所希望的剂量分布。通过使粒子射线偏转至X方向、即水平方向,从而能够使X方向上的动量分散函数在等中心处变为零。因此,为了调整X方向上的动量分散函数,需要在与加速器中间面平行的面内使粒子射线偏转。即,需要在与加速器中间面平行的面内设置水平偏转电磁体501、502、503。

[0033] 在本实施方式1所涉及的粒子射线治疗系统中,将由水平偏转电磁体501、502、503构成的水平偏转电磁体组50全部设置在与设置有圆形加速器12的层相同的层、即与设置有粒子射线照射部15的层不同的层。图2示出了本发明实施方式1所涉及的粒子射线治疗系统整体的俯视图。为了使旋转吊架15旋转而需要较大的空间。若图2的旋转吊架15的结构构件151旋转180度,则配置成虚线所示的结构构件152。因此,若作为旋转吊架而包括有使结构构件旋转的机构,则至少需要用虚线的长方形所表示的空间。如图2所示,设置有旋转吊架15的旋转吊架室的俯视图的空间为宽度 $W1$ 与 $W2$ 之积。例如,在以任意角度(在图2中为45度)来配置旋转吊架的旋转轴的情况下,决定旋转吊架室的尺寸的宽度 $W1$ 及 $W2$ 几乎由旋转吊架15所占的宽度来决定。

[0034] 与此相对地,非专利文献1中所记载的粒子射线治疗系统中,由于将水平偏转电磁体设置在与设置有旋转吊架的层相同的层,因此,具有较易在圆形加速器的正上方配置旋转吊架的优点。然而,考虑到配置、调整的自由度,一般需要多个水平偏转电磁体。因此,需要将水平偏转电磁体设置成水平偏转电磁体组,需要设置该水平电磁体组的粒子射线传输部5的空间。因此,非专利文献1中所记载的粒子射线治疗系统中,旋转吊架室的尺寸必须为在旋转吊架所占空间的基础上至少增加由水平偏转电磁体组所构成的部分的空间。

[0035] 关于非专利文献1中所记载的粒子射线治疗系统,为了与本发明实施方式1所涉及的粒子射线治疗系统进行比较,在图3中示出配置有旋转吊架的层的俯视图。如图3所示,在旋转吊架15所占的区域的基础上追加由水平偏转电磁体所构成的部分的粒子射线传输部的尺寸后得到的区域中,旋转吊架室的宽度 $W1c$ 和 $W2c$ 已经确定,因此需要比本发明实施方式1更大的旋转吊架室。因此,在给与了有限的延伸床面积时,本发明的粒子射线治疗系统相比于非专利文献1中所记载的粒子射线治疗系统而言,能够将粒子射线照射部即旋转吊架所在的层的延伸床面积分配至旋转吊架室以外的医用的多个房间,能够有效地活用延伸床面积。

[0036] 而且,本发明实施方式1的粒子射线治疗系统中,在将旋转吊架15投影至设置有水平偏转电磁体组50的层的情况下,在与包括水平偏转电磁体组50的粒子射线传输部5重叠的位置配置旋转吊架15,能够使该粒子射线治疗系统设置在一个方向上的宽度更狭小的占地区域中。在实施方式1中,使输入至在由图1中的水平偏转电磁体501、502、503构成的水平偏转电磁体组50之后的第一垂直偏转电磁体551中的粒子射线20的前进方向与从配置有旋转吊架15的层中的第二垂直偏转电磁体552输出的粒子射线21的前进方向相反。因此,在粒子射线照射部中,使投影在设置有水平偏转电磁体的层中的投影与设置有水平偏转电磁体的层的粒子传输部相重叠。由此,本发明实施方式1的粒子射线治疗系统中,能够配置成使包括旋转吊架15和粒子射线传输部5整体的投影的宽度 $W1$ 为最小,能够设置在一个方向上

的宽度更狭小的占地区域。

[0037] 实施方式2.

[0038] 图4是表示本发明的实施方式2所涉及的粒子射线治疗系统的主要设备的配置的立体图。本实施方式2是具有旋转吊架15和旋转吊架16这2台旋转吊架的粒子射线治疗系统的实施方式。即使在本实施方式2中,由水平偏转电磁体501、503、505、510构成的水平偏转电磁体组50配置在与旋转吊架不同的层。此处,水平偏转电磁体510还具有分支功能,该分支功能用于对粒子射线传输至旋转吊架15和旋转吊架16中的任一个进行切换。

[0039] 图5是设置有圆形加速器12、水平偏转电磁体组50的层的俯视图,图6是设置有旋转吊架15和旋转吊架16的层的俯视图。旋转吊架15设置于治疗室31,旋转吊架16设置于治疗室32。如图5所示,传输至旋转吊架15的粒子射线被配置于治疗室31正下方的第一垂直偏转电磁体551向上方提升,且被图6所示的治疗室31的第二垂直偏转电磁体552引导至旋转吊架15。另一方面,传输至旋转吊架16的粒子射线被配置于治疗室32正下方的第一垂直偏转电磁体553向上方提升,且被治疗室32的第二垂直偏转电磁体554引导至旋转吊架16。

[0040] 即使在本实施方式2所涉及的粒子射线治疗系统中,由于将水平偏转电磁体组50设置在与旋转吊架不同的层,因此,与实施方式1同样地能够使旋转吊架室部分的尺寸为最小。另外,在旋转吊架15和旋转吊架16投影至水平偏转电磁体组50的层的情况下,即使在与包括水平偏转电磁体组50的粒子射线传输部5重叠的位置,也能够配置旋转吊架15和旋转吊架16。因此,能够使得图4所示的系统整体的投影宽度大致与旋转吊架15和旋转吊架16所占宽度相同。如图5及图6所示,能够在细长的占地区域中收纳整个粒子射线治疗系统。

[0041] 实施方式3.

[0042] 图7是表示本发明的实施方式3所涉及的粒子射线治疗系统的主要设备的配置的立体图。实施方式1和实施方式2中,能够使输入至在水平偏转电磁体组50之后的第一垂直偏转电磁体551的粒子射线20的方向与从配置有旋转吊架15的层中的第二垂直偏转电磁体552朝向旋转吊架15的粒子射线21的方向相反。但是,未必需要上述这样的结构,也可以如图7所示,使从配置有旋转吊架15的层的第二垂直偏转电磁体552朝向旋转吊架15的粒子射线21的方向与实施方式1及实施方式2相反。另外,从第二垂直偏转电磁体552向着旋转吊架15的粒子射线21的方向未必必须与向着第一垂直偏转电磁体551的粒子射线20的方向相反,可以为任意方向。图8是图7的俯视图。如图8所示,此情况也与实施方式1相同,旋转吊架室所占的空间为 $W1 \times W2$,能够将粒子射线照射部所在的层的延伸床面积分配至旋转吊架室以外的医用的多个房间,能够有效地活用延伸床面积。

[0043] 标号说明

[0044] 5 粒子射线传输部,12 圆形加速器,

[0045] 15、16 旋转吊架(粒子射线照射部),

[0046] 50 水平偏转电磁体组,

[0047] 501、502、503、505、510 水平偏转电磁体,

[0048] 551、553 第一垂直偏转电磁体,

[0049] 552、554 第二垂直偏转电磁体。

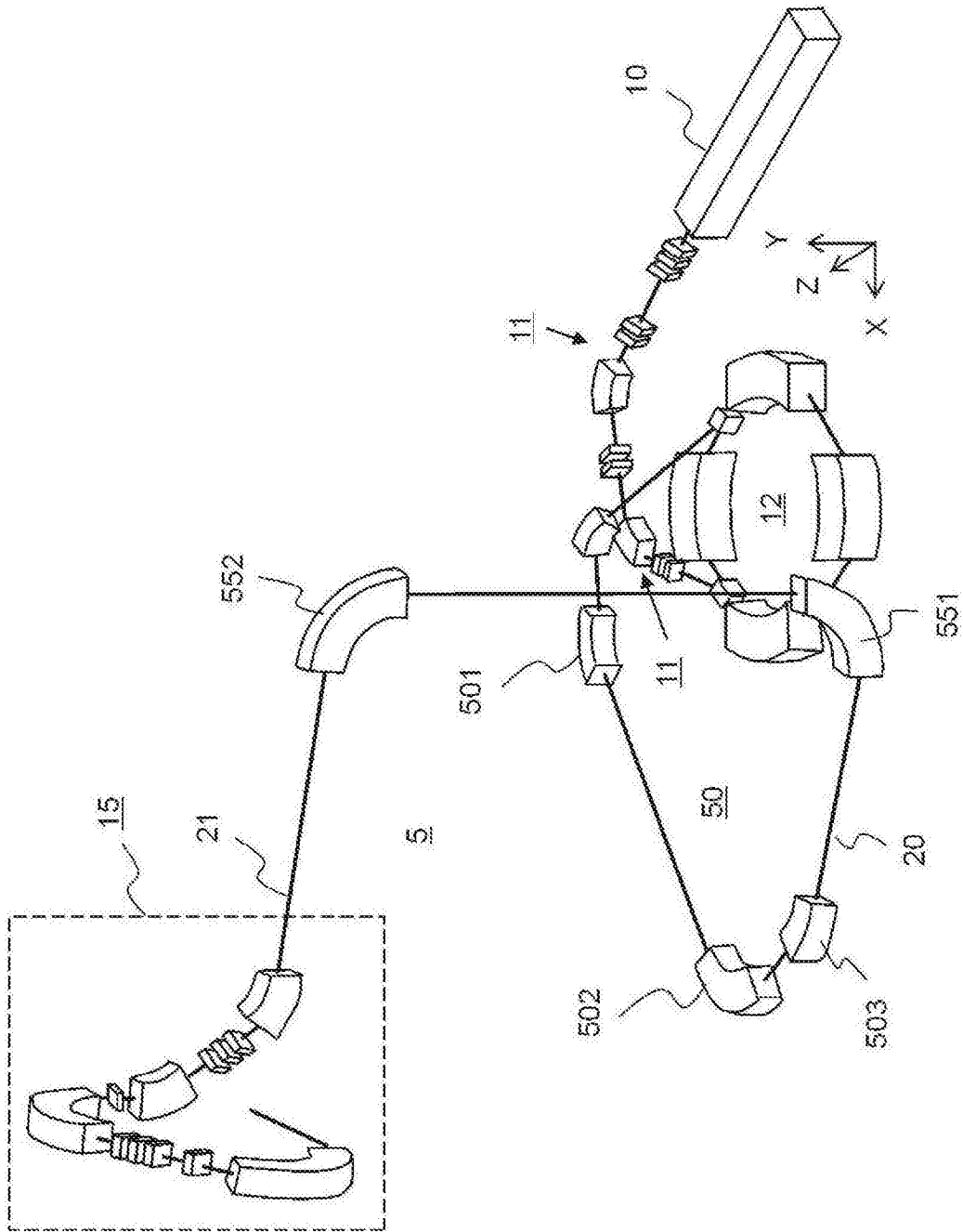


图1

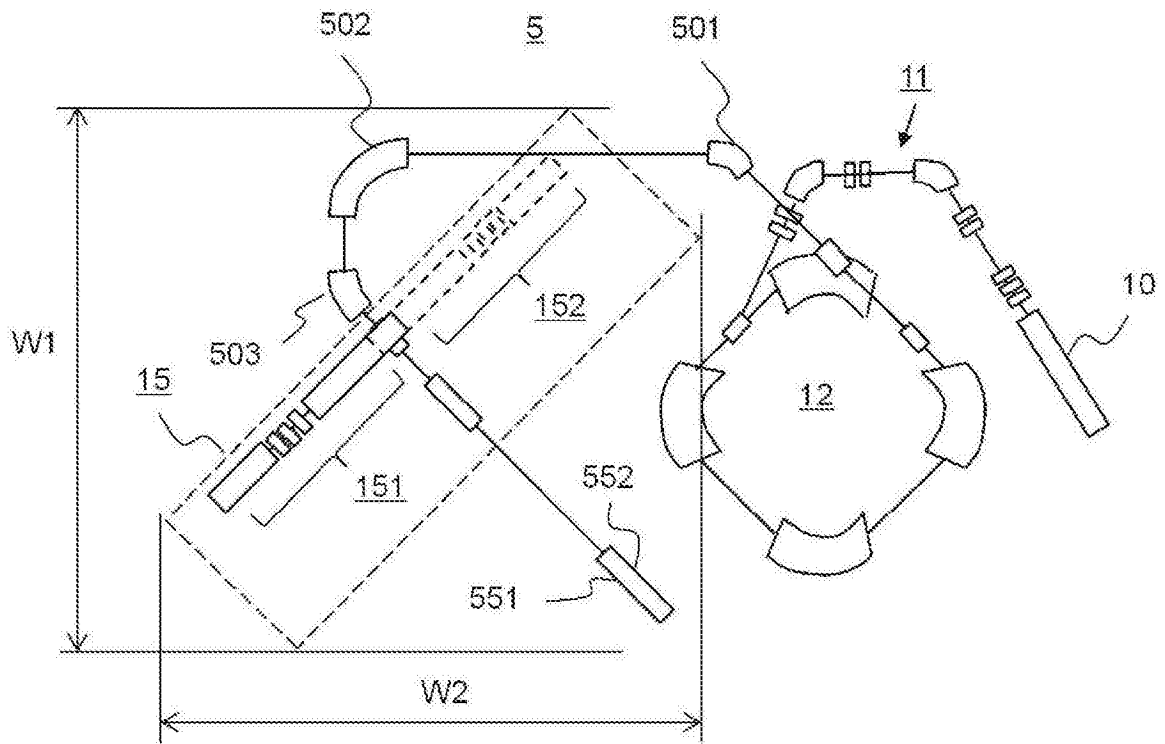


图2

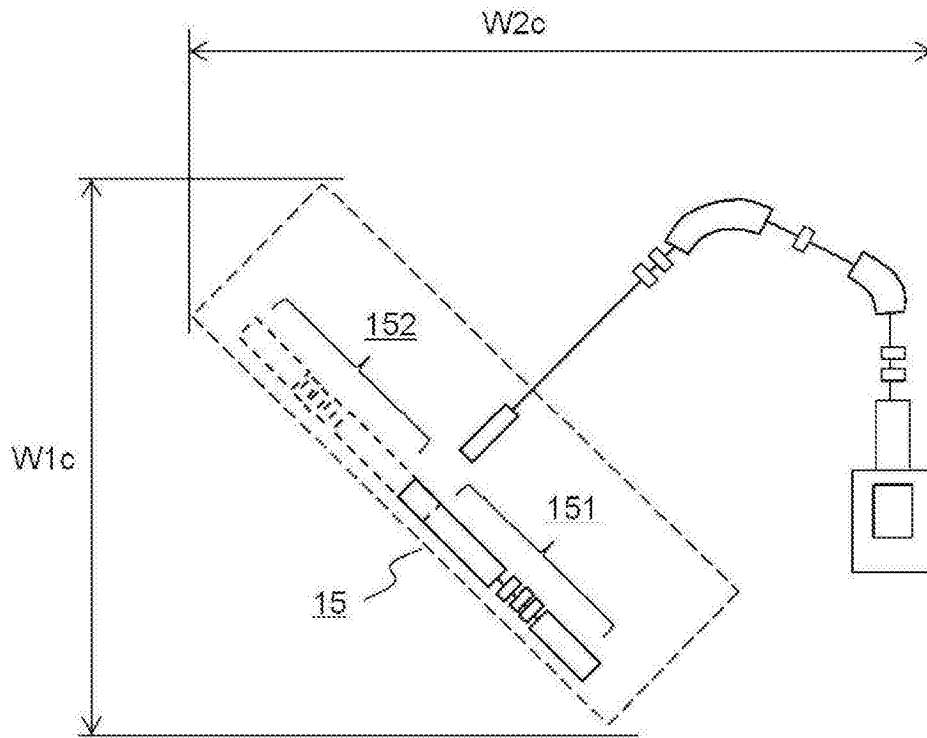


图3

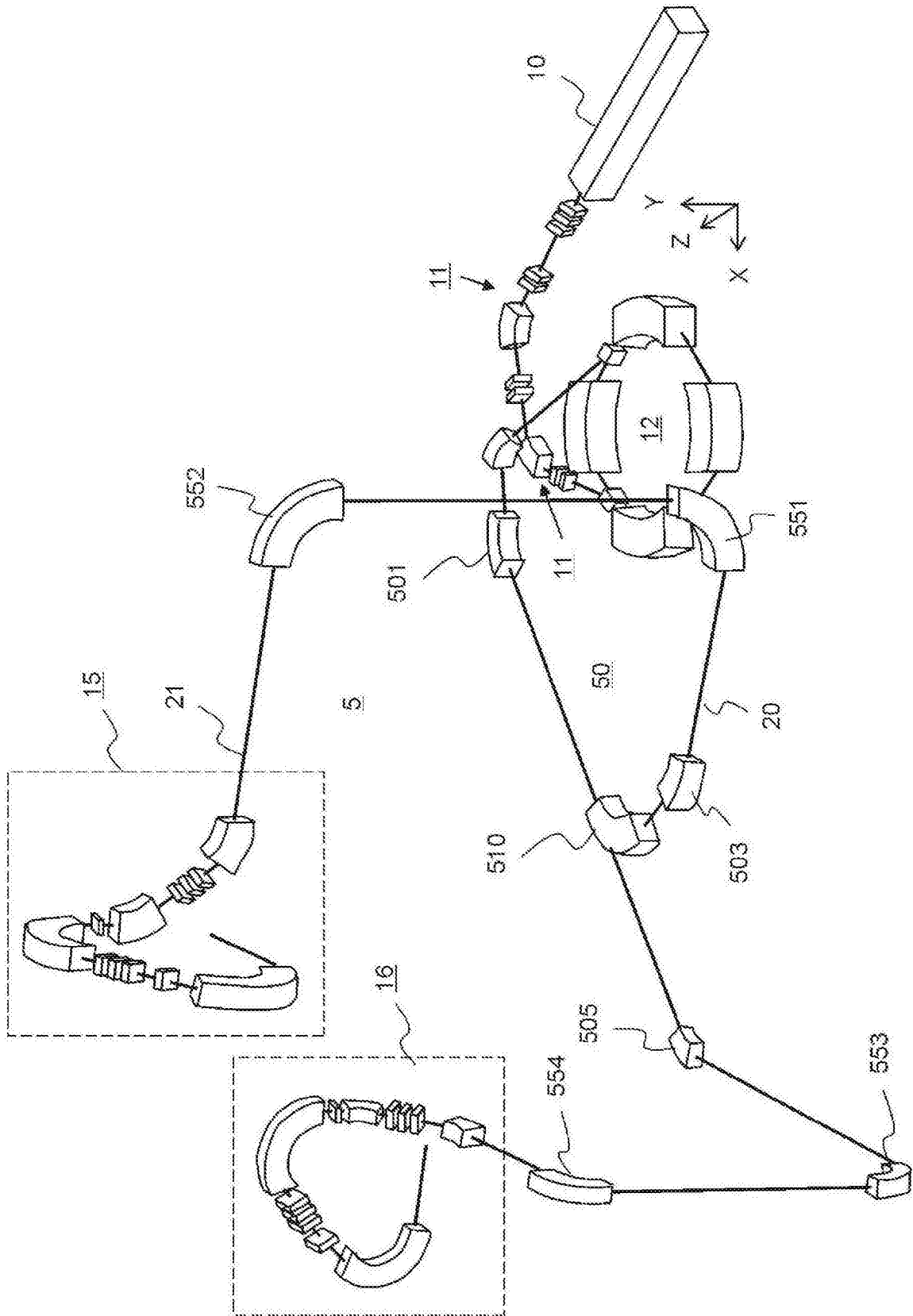


图4

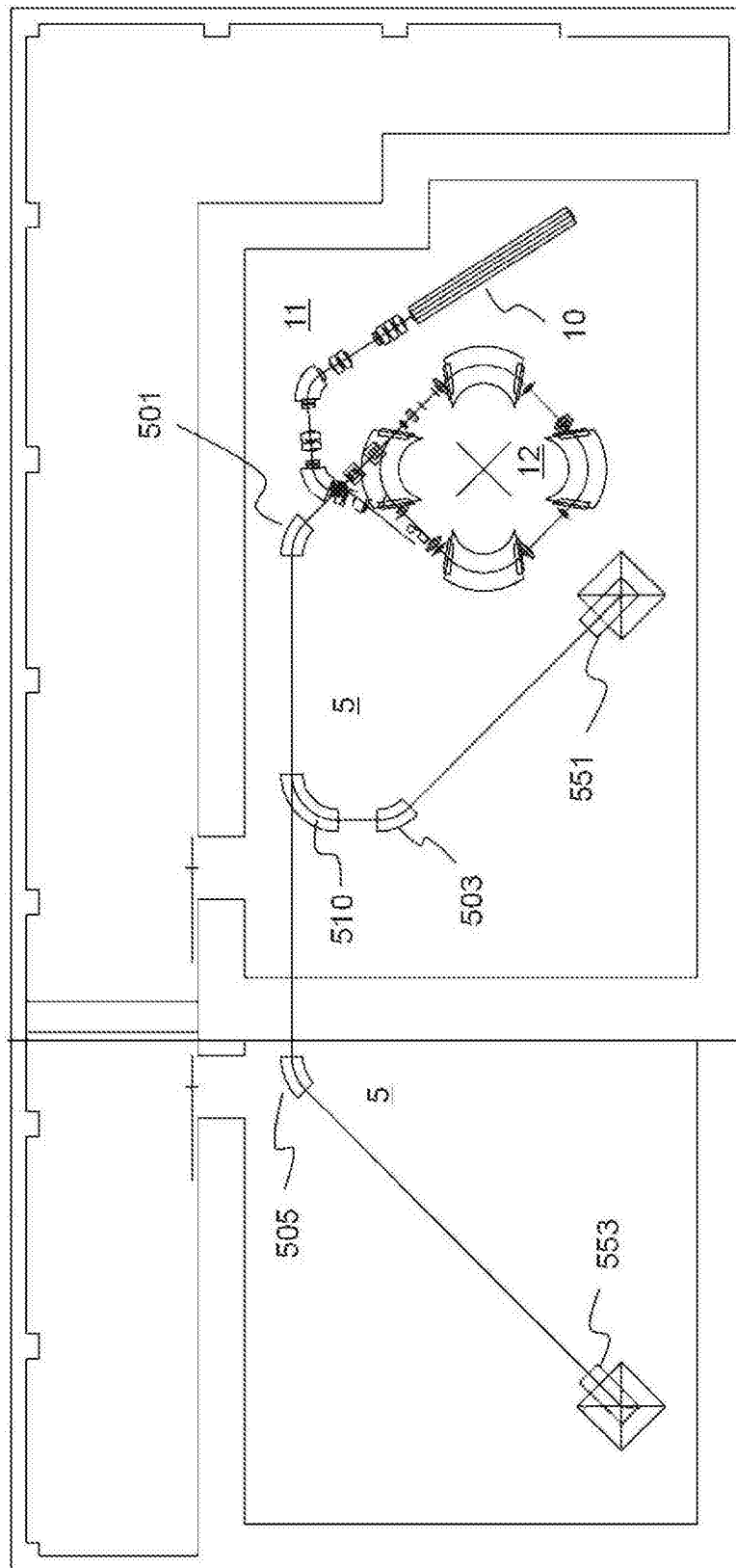


图5

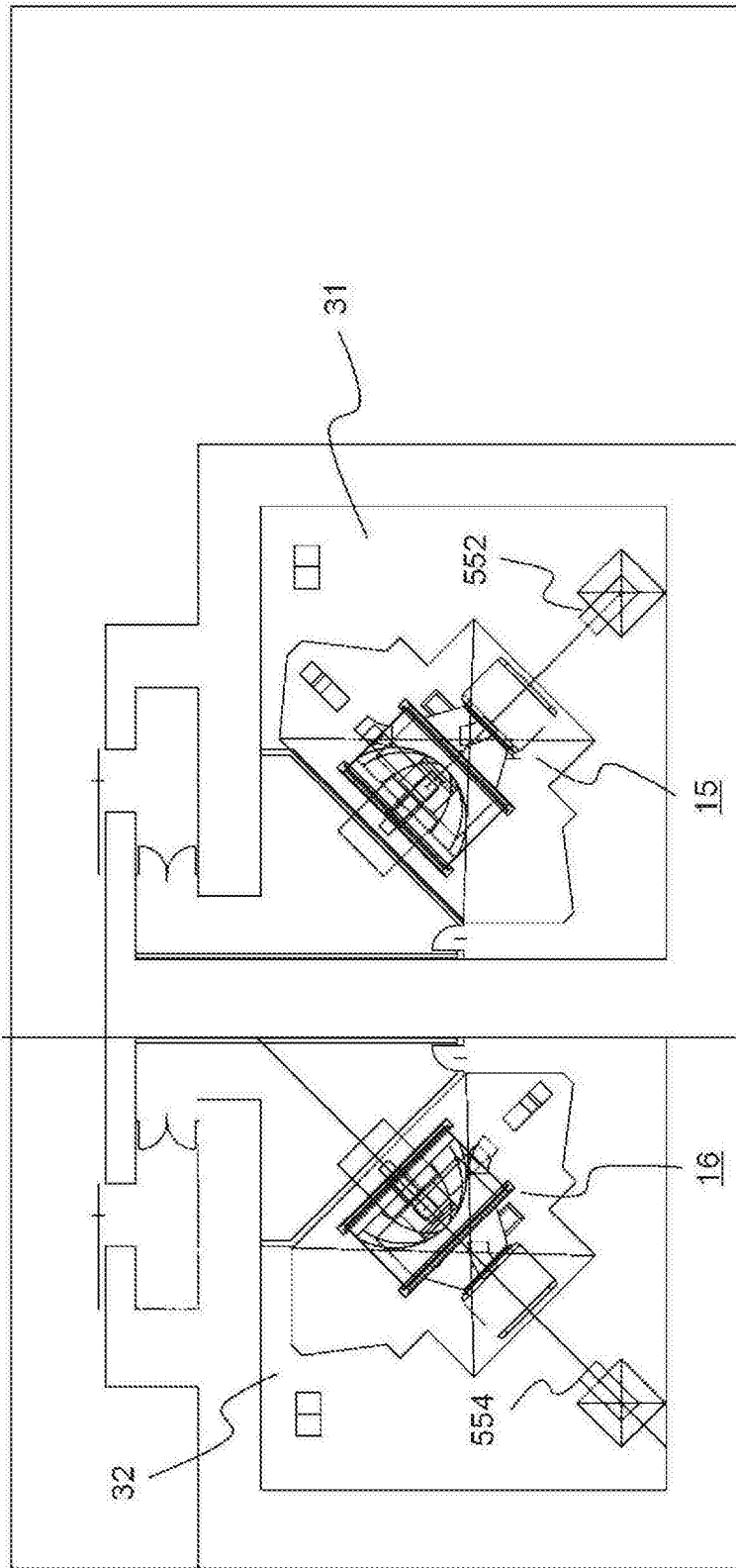


图6

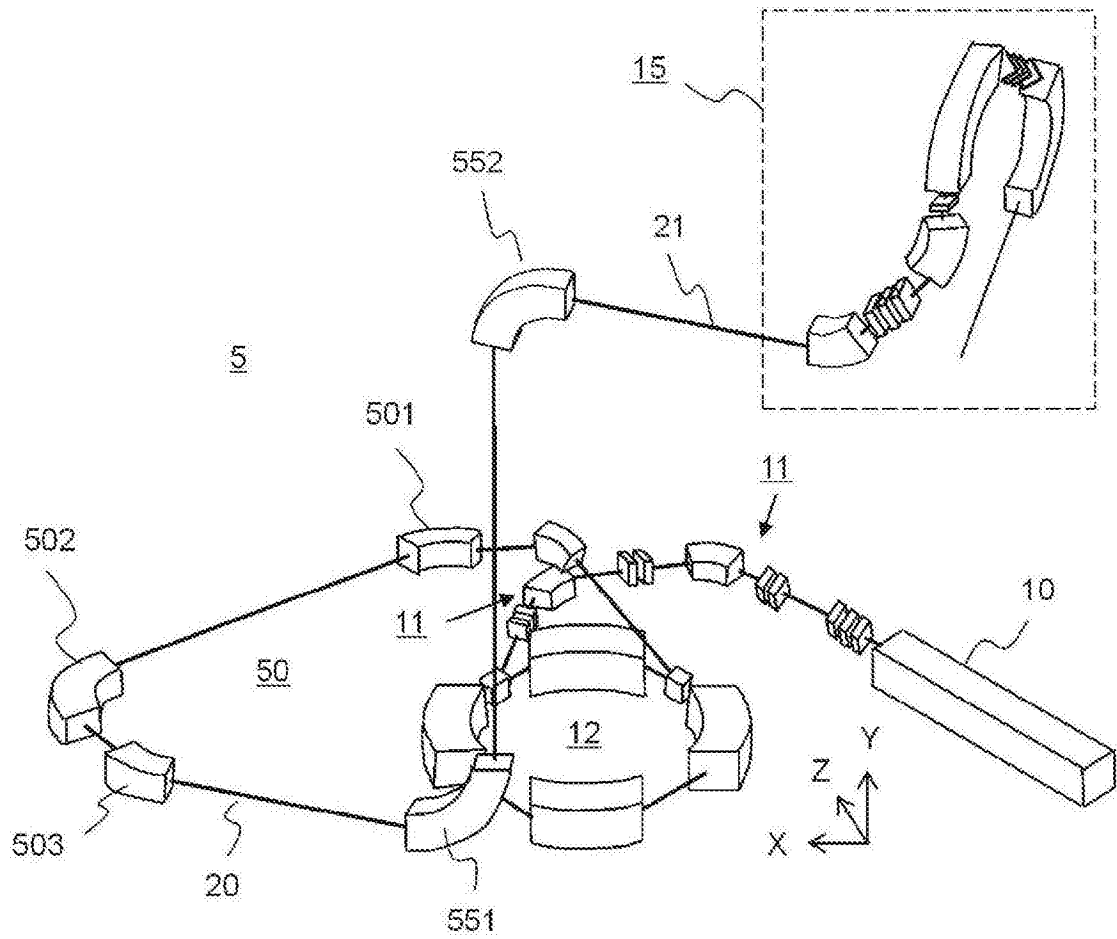


图7

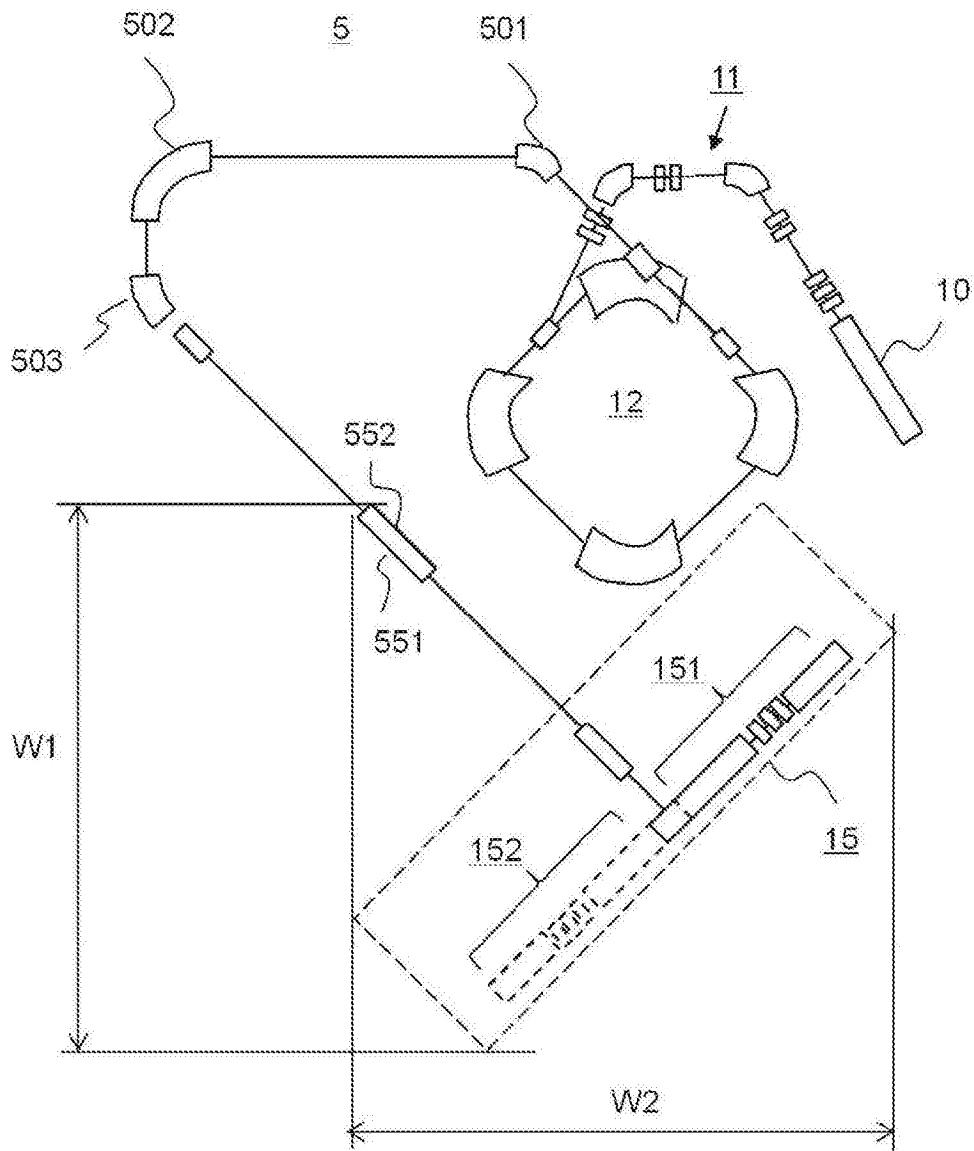


图8