



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102573267 B

(45)授权公告日 2017.08.15

(21)申请号 201110462694.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2011.12.23

H05H 7/02(2006.01)

H05H 13/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102573267 A

审查员 刘时雄

(43)申请公布日 2012.07.11

(30)优先权数据

12/977208 2010.12.23 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 T·埃里克松 B·霍姆格伦

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 严志军 杨炯

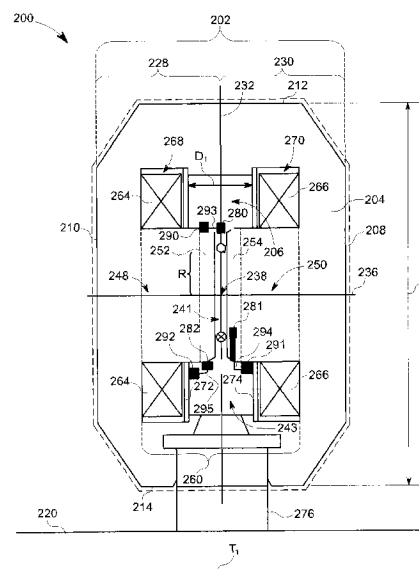
权利要求书1页 说明书13页 附图7页

(54)发明名称

具有机电马达的粒子加速器以及操作和制造该粒子加速器的方法

(57)摘要

本发明涉及具有机电马达的粒子加速器以及操作和制造该粒子加速器的方法。具体而言，一种粒子加速器(102)，包括配置成在加速腔(206)内沿着期望的路径引导带电粒子的电场系统(106)和磁场系统(108)。粒子加速器还包括位于加速腔内的机械装置(280、282)。机械装置配置成被选择性地移动至加速腔内的不同位置。粒子加速器还包括机电(EM)马达(290、292)，该机电马达(290、292)具有连接构件(456)和可操作地联接至该连接构件的压电元件(512)。连接构件可操作地附接至机械装置。当压电元件被激活时，EM马达驱动连接构件，从而移动机械装置。



1. 一种粒子加速器(102), 包括:

电场系统(106)和磁场系统(108), 配置成在加速腔(206)内沿着期望的路径引导带电粒子;

机械装置(280、282), 位于所述加速腔内, 所述机械装置配置成被选择性地移动至所述加速腔内的不同位置; 以及

机电(EM)马达(290、292), 包括连接构件(456)和可操作地联接至所述连接构件的压电元件(512), 所述连接构件可操作地附接至所述机械装置, 其中, 当所述压电元件被激活时, 所述机电马达驱动所述连接构件, 从而移动所述机械装置;

所述机电马达(290、292)基本上由非磁性材料构成。

2. 根据权利要求1所述的粒子加速器(102), 其特征在于, 所述磁场系统(108)包括隔着所述加速腔(206)而彼此相对的一对极顶(252、254); 所述机械装置(280、282)在所述极顶之间延伸。

3. 根据权利要求2所述的粒子加速器(102), 其特征在于, 所述机电马达(290、292)安装至其中一个所述极顶(252、254), 或者邻接于其中一个所述极顶。

4. 根据权利要求1所述的粒子加速器(102), 其特征在于, 所述机械装置(280、282)配置成被移动至所述期望的路径中, 使得所述带电粒子入射到其上。

5. 根据权利要求4所述的粒子加速器(102), 其特征在于, 所述机械装置(280、282)包括具有束探测器(446)的诊断探针, 所述带电粒子入射到所述束探测器上。

6. 根据权利要求4所述的粒子加速器(102), 其特征在于, 所述机械装置(280、282)包括具有剥离箔材(412)的剥离组件(402), 所述带电粒子入射到所述剥离箔材上。

7. 根据权利要求1所述的粒子加速器(102), 其特征在于, 所述电场系统(106)包括空心D盒(341、343), 并且, 所述机械装置(280、282)包括电容板(464), 所述电容板配置成移向其中一个所述空心D盒和从其中一个所述空心D盒移开。

8. 根据权利要求1所述的粒子加速器(102), 其特征在于, 所述连接构件(456)配置成至少其中一个沿着线性方向移动或者围绕轴线(236)旋转。

9. 一种操作具有加速腔(206)的粒子加速器(102)的方法, 所述方法包括:

在所述加速腔中, 提供带电粒子的粒子束(112), 所述粒子束沿着期望的路径被引导; 以及

在所述加速腔内选择性地移动机械装置(280、282), 所述机械装置由机电(EM)马达(290、292)移动, 所述机电马达(290、292)包括连接构件(456)和可操作地联接至所述连接构件的压电元件(512), 所述连接构件可操作地附接至所述机械装置, 其中, 当所述压电元件被激活时, 所述机电马达驱动所述连接构件;

其中, 所述机电马达(290、292)基本上由非磁性材料构成。

具有机电马达的粒子加速器以及操作和制造该粒子加速器的方法

技术领域

[0001] 本文中描述的发明的实施例通常涉及粒子加速器,并且,更加特定地,涉及具有位于加速腔内的可移动的机械装置的粒子加速器。

背景技术

[0002] 诸如回旋加速器的粒子加速器可以具有各种工业应用、医学应用以及研究应用。例如,粒子加速器可以用于产生放射性同位素(也被称为放射性核),该放射性同位素具有医学治疗、成像和研究中的用途,以及非医学相关的其它应用。产生放射性同位素的系统典型地包括具有围绕加速腔的磁轭(magnet yoke)的回旋加速器。回旋加速器可以包括彼此隔开的相对的极顶(pole top)。电场和磁场可以在加速腔内产生,以沿着极之间的螺旋状轨道使带电粒子加速并引导带电粒子。为了产生放射性同位素,回旋加速器形成带电粒子的粒子束,并将粒子束引导至加速腔之外并向着具有靶材料的靶系统。在一些情况下,靶系统可以位于加速腔的内侧。粒子束入射到靶材料上,从而产生放射性同位素。

[0003] 在粒子加速器的运转期间,可能期望使用加速腔内的各种机械装置。例如,可能期望移动箔材(foil)保持器,该箔材保持器保持从带电粒子剥离电子的箔材。也可能期望移动诊断探针,以沿着期望路径的不同部分测试粒子束。然而,这些和其它的机械装置必须能够在加速腔的环境内运转。在粒子加速器的运转期间,加速腔可能被抽空,并且,大的磁场可能存在于其中。在一些情况下,机械装置中的磁性构件可能干扰用于引导带电粒子的磁场。此外,大量的辐射可能沿着限定了加速腔的内表面而存在。除了与环境相关的以上关注以外,加速腔内的机械装置可能需要大量的空间并难以操作,或者可能缺乏高水平的精度。另外,加速腔内的机械装置能够机械地联接至真空腔外侧的电磁致动器/马达。这些马达不能在加速腔的高磁场中有效地运转,并且也能够干涉在其中被很好地限定的磁场。同样,利用通过真空进给装置而延伸的机械构件,可以将电磁马达相互连接至加速腔内侧的机械装置。然而,这些机械构件和真空进给装置增加了粒子加速器的复杂性。

[0004] 因而,需要一种在加速腔中具有机械装置的粒子加速器,该机械装置比已知的机械装置更小,成本更低,且/或更容易操作。还需要降低对操作或维护该粒子加速器的个人的辐射暴露的粒子加速器和方法。还通常需要便于操作且/或维护粒子加速器的备选装置和/或对辐射暴露不敏感的备选装置。

发明内容

[0005] 根据一个实施例,提供了一种粒子加速器,该粒子加速器包括配置成在加速腔内沿着期望的路径引导带电粒子的电场系统和磁场系统。粒子加速器还包括位于加速腔内的机械装置。机械装置配置成被选择性地移动至加速腔内的不同位置。粒子加速器还包括机电(EM)马达,该机电马达具有连接构件和可操作地联接至该连接构件的压电元件。连接构件可操作地附接至机械装置。当压电元件被激活时,EM马达驱动连接构件。

[0006] 根据另一实施例,提供了一种操作具有加速腔的粒子加速器的方法。该方法包括在加速腔中提供带电粒子的粒子束。粒子束由粒子加速器沿着期望的路径引导。该方法还包括在加速腔内选择性地移动机械装置。机械装置由机电 (EM) 马达移动,该机电马达包括连接构件和可操作地联接至该连接构件的压电元件。连接构件可操作地附接至机械装置。当压电元件被激活时,EM马达驱动连接构件。

[0007] 在又一实施例中,提供了一种制造具有加速腔的粒子加速器的方法。粒子加速器包括配置成在加速腔内沿着期望的路径引导带电粒子的电场系统和磁场系统。该方法包括将机械装置定位在加速腔内。机械装置配置成被选择性地移动至加速腔内的不同位置。该方法还包括将机电 (EM) 马达可操作地联接至机械装置。EM马达具有连接构件和可操作地联接至该连接构件的压电元件。连接构件可操作地附接至机械装置,其中,EM马达配置成当压电元件被激活时驱动连接构件,从而移动机械装置。

附图说明

[0008] 图1是根据一个实施例的粒子加速器的框图。

[0009] 图2是根据一个实施例的粒子加速器的示意侧视图。

[0010] 图3是可以与根据一个实施例的粒子加速器一起使用的一部分靶和极区段的透视图。

[0011] 图4是图3中的靶和极区段的放大图,更加详细地显示了剥离组件。

[0012] 图5是图3中的靶和极区段的放大图,更加详细地显示了诊断探针组件。

[0013] 图6是靶和极区段的放大图,显示了根据一个实施例的RF调谐组件。

[0014] 图7是可以用在各种实施例中的机电 (EM) 马达的分解图。

[0015] 图8是图7的EM马达的透视图。

[0016] 图9显示了一个压电元件的运动。

[0017] 图10是可以用在各种实施例中的致动组件的说明性的图。

部件列表

[0019] 100 同位素产生系统

[0020] 102 粒子加速器

[0021] 103 加速腔

[0022] 104 离子源系统

[0023] 106 电场系统

[0024] 108 磁场系统

[0025] 110 真空系统

[0026] 112 粒子束

[0027] 114 靶系统

[0028] 115 提取系统

[0029] 116 靶材料

[0030] 117 束通道

[0031] 118 控制系统

[0032] 120 靶位置

- [0033] 122 冷却系统
- [0034] 200 回旋加速器
- [0035] 202 磁轭
- [0036] 204 轭体
- [0037] 206 加速腔
- [0038] 208 侧面
- [0039] 210 侧面
- [0040] 212 顶端
- [0041] 214 底端
- [0042] 220 水平平台
- [0043] 228 轭区段
- [0044] 230 轭区段
- [0045] 231 上部
- [0046] 232 中面
- [0047] 236 中心轴线
- [0048] 238 中心区域
- [0049] 241 空间区域
- [0050] 243 空间区域
- [0051] 248 极
- [0052] 250 极
- [0053] 252 极顶
- [0054] 254 极顶
- [0055] 255 壁表面
- [0056] 260 磁体组件
- [0057] 264 磁体线圈
- [0058] 266 磁体线圈
- [0059] 268 磁体线圈空腔
- [0060] 270 磁体线圈空腔
- [0061] 272 腔壁
- [0062] 274 腔壁
- [0063] 276 真空泵
- [0064] 280-282 机械装置
- [0065] 290-292 EM马达
- [0066] 293-295 连接构件
- [0067] 320 打开侧空腔
- [0068] 321 环部
- [0069] 322 内壁表面
- [0070] 324 配合表面
- [0071] 330 轭区段

- [0072] 331-334 隆起(hill)
- [0073] 336-339 凹处(valley)
- [0074] 340,342 RF电极
- [0075] 341,343 空心D盒(dee)
- [0076] 344 中心
- [0077] 345,347 芯柱(stem)
- [0078] 349 束通道
- [0079] 350 极
- [0080] 354 极顶
- [0081] 370 RF电极系统
- [0082] 371-372 拦截面板
- [0083] 402 剥离组件
- [0084] 404 箔材保持器
- [0085] 406 可旋转臂
- [0086] 408 近端
- [0087] 410 远端
- [0088] 411 外周边
- [0089] 412 剥离箔材
- [0090] 414 紧固装置
- [0091] 416 夹紧机构
- [0092] 418 紧固装置
- [0093] 420 EM马达
- [0094] 422 缆或线
- [0095] 424 致动组件
- [0096] 426 连接构件
- [0097] 440 诊断探针组件
- [0098] 442 底座支撑件
- [0099] 444 轴部件
- [0100] 446 束探测器
- [0101] 447 标签或标记
- [0102] 448 远侧支撑件
- [0103] 450 EM马达
- [0104] 452 缆或线
- [0105] 454 致动组件
- [0106] 456 连接构件
- [0107] 458 近端
- [0108] 460 RF装置
- [0109] 462 EM马达
- [0110] 464 电容板

- [0111] 466 底座延伸件
- [0112] 470 轴线
- [0113] 502 EM马达
- [0114] 504 拉伸弹簧
- [0115] 506 辊
- [0116] 507 保持器
- [0117] 508 驱动棒
- [0118] 510 致动组件
- [0119] 511 外壳
- [0120] 512 压电元件
- [0121] 514 压电陶瓷双压电晶片
- [0122] 516,518 层
- [0123] 520 远端
- [0124] 530 致动组件
- [0125] 532 转子
- [0126] 534 定子
- [0127] 536 压电元件
- [0128] 540 轴线

具体实施方式

[0129] 正如本文中使用的,以单数形式叙述并用词语“一”或“一个”进行的元件或步骤应当理解为不排除多个所述的元件或步骤,除非明确地阐述了这种排除。此外,“一个实施例”的提及并不意图被解释为排除也并入了所叙述的特征的另外的实施例的存在。此外,除非明确阐述为相反情况,否则,“包括”或“具有”具有特定性质的一个元件或多个元件的实施例可以包括不具有那个性质的另外的这种元件。

[0130] 图1是根据一个实施例形成的同位素产生系统100的框图。系统100包括粒子加速器102,该粒子加速器102具有若干子系统,包括离子源系统104、电场系统106、磁场系统108以及真空系统110。粒子加速器102可以是,例如回旋加速器,或者更具体地,等时性回旋加速器。粒子加速器102可以包括加速腔103。加速腔103可以由粒子加速器的外壳或其它部分限定,并具有抽空的状态或状况。图1所示的粒子加速器至少具有位于加速腔103中的子系统104、106、108及110的部分。在粒子加速器102的使用期间,带电粒子通过离子源系统104而被放置在粒子加速器102的加速腔103内或注入其中。磁场系统108和电场系统106产生各自的场,这些场合作产生带电粒子的粒子束112。带电粒子沿着预定的路径或期望的路径在加速腔103内被加速并被引导。在粒子加速器102的运转期间,加速腔103可以处于真空(或抽空的)状态,并经历大的磁通量。例如,加速腔103中的极顶之间的平均磁场强度可以为至少1特斯拉。此外,在产生粒子束112之前,加速腔103的压力可以为大约 1×10^{-7} 毫巴。在产生粒子束112之后,加速腔103的压力可以为大约 2×10^{-5} 毫巴。

[0131] 图1中还显示,系统100具有提取系统115和包括靶材料116的靶系统114。在所说明的实施例中,靶系统114定位成邻接于粒子加速器102。为了产生同位素,粒子束112由粒子

加速器102沿着束传输路径或束通道117引导而通过提取系统115并进入靶系统114中,使得粒子束112入射到位于相应的靶位置120的靶材料116上。当利用粒子束112照射靶材料116时,可以产生来自中子和伽马射线的辐射。在备选实施例中,系统100可以具有位于加速腔103内或者直接附接至加速腔103的靶系统。

[0132] 系统100可以具有多个靶位置120A-C,分离的靶材料116A-C位于这些靶位置。移位装置或系统(未显示)可以用于使靶位置120A-C相对于粒子束112移位,使得粒子束112入射到不同的靶材料116上。在移位过程中,也可以维持真空。作为备选,粒子加速器102和提取系统115可能不仅沿着一条路径引导粒子束112,而是可以针对各个不同的靶位置120A-C沿着独特的路径引导粒子束112。此外,束通道117从粒子加速器102到靶位置120可以是基本上线性的,或者作为备选,束通道117可以在沿着其的一个或更多点弯曲或拐弯。例如,沿靠着束通道117定位的磁体可以配置成使粒子束112沿着不同的路径改变方向。

[0133] 系统100配置成产生放射性同位素(也被称为放射性核),该放射性同位素可以用在医学成像、研究及治疗中,但是也用于非医学相关的其它应用,例如科学研究或分析。当用于诸如核医学(NM)成像或正电子放射层析(PET)成像的医学目的时,放射性同位素也可以被称为示踪剂。例如,系统100可以产生质子,以制得液态形式的 $^{18}\text{F}^-$ 同位素、作为 CO_2 的 ^{11}C 同位素以及作为 NH_3 的 ^{13}N 同位素。用于制得这些同位素的靶材料116可以是富含 ^{18}O 的水、自然的 $^{14}\text{N}_2$ 气体、 $^{16}\text{O}^-$ 水。为了产生 ^{15}O 气体(氧气、二氧化碳以及一氧化碳)和 ^{15}O 标记的水,系统100也可以产生质子或氦核。

[0134] 在特定实施例中,系统100使用 $^1\text{H}^-$ 技术,并使带电粒子为低能量(例如,大约9.6MeV),束电流为大约10-30 μA 。在这种实施例中,负的氢离子被加速,并被引导通过粒子加速器102而进入提取系统115中。负的氢离子然后可能撞击提取系统115的剥离箔材(图1中未显示),从而除去电子对,并使该粒子成为正离子, $^1\text{H}^+$ 。然而,本文中描述的实施例可以应用于其它类型的粒子加速器和回旋加速器。例如,在备选实施例中,带电粒子可以是正离子,例如 $^1\text{H}^+$ 、 $^2\text{H}^+$ 及 $^3\text{He}^+$ 。在这种备选实施例中,提取系统115可以包括静电偏转器,该静电偏转器产生引导粒子束向着靶材料116的电场。此外,在其它实施例中,束电流可以例如高达大约200 μA 。束电流也能够高达2000 μA 或更多。

[0135] 系统100可以包括将冷却流体或工作流体传输至不同系统的各种构件的冷却系统122,以吸收由各自的构件产生的热。系统100也可以包括可以由技术员使用的控制系统118,以控制各种系统和构件的运转。控制系统118可以包括定位成靠近或远离粒子加速器102和靶系统114的一个或更多用户界面。虽然图1中未显示,但是系统100还可以包括用于粒子加速器102和靶系统114的一个或更多辐射屏蔽件和/或磁屏蔽件。

[0136] 系统100也可以配置成使带电粒子加速至预定的能级。例如,本文中描述的一些实施例使带电粒子加速至大约18MeV或更少的能量。在其它实施例中,系统100使带电粒子加速至大约16.5MeV或更少的能量。在特定实施例中,系统100使带电粒子加速至大约9.6MeV或更少的能量。在更加特定的实施例中,系统100使带电粒子加速至大约7.8MeV或更少的能量。然而,本文中描述的实施例也可以具有超过18MeV的能量。例如,实施例可以具有超过100MeV、500MeV或更多的能量。

[0137] 正如下面将更加详细地讨论的,系统100可以包括配置成在粒子加速器102内运转的各种机械装置。在一些实施例中,例如当正在产生粒子束112时,机械装置可以在加速腔

103内有效地运转。同样,机械装置可以配置成在这样的环境中有效地运转:该环境处于真空,经历着大磁通量的磁场、高频高压电场,且/或具有大量的不想要的辐射。在其它实施例中,本文中描述的机械装置可以配置成在靶系统114中运转。

[0138] 图2是根据一个实施例形成的回旋加速器200的侧视图。虽然下面的描述关于回旋加速器200,但是要懂得,实施例可以包括其它的粒子加速器和涉及该粒子加速器的方法。如图2所示,回旋加速器200包括磁轭202,该磁轭202具有围绕加速腔206的轭体204。在备选实施例中,加速腔可以由非磁轭的构件围绕或限定,例如外壳或屏蔽件。轭体204具有相对的侧面208和210,还具有顶端212和底端214,侧面208和210之间的厚度为 T_1 ,顶端212和底端214之间的长度为 L 。在示例性的实施例中,轭体204具有基本圆形的横截面,并且同样,长度 L 可以表示轭体204的直径。轭体204可以由铁制造,并且被定制尺寸和形状,以在回旋加速器200运转时产生期望的磁场。

[0139] 磁轭204可以具有相对的轭区段228和230,轭区段228和230限定了它们之间的加速腔206。轭区段228和230配置成沿着磁轭202的中面232彼此相邻地定位。正如所显示的,回旋加速器200可以竖直地定向(相对于重力),使得中面232垂直于支撑回旋加速器200的重量的水平平台220而延伸。回旋加速器200具有中心轴线236,该中心轴线236在轭区段228和230(以及分别相应的侧面210和208)之间水平地延伸,并通过轭区段228和230。中心轴线236垂直于中面232通过轭体204的中心而延伸。加速腔206具有位于中面232和中心轴线236的交叉点的中心区域238。在一些实施例中,中心区域238位于加速腔206的几何中心。

[0140] 轭区段228和230分别包括极248和250,极248和250在加速腔206内隔着中面232而彼此相对。极248和250可以彼此分离极间隙 G 。极248包括极顶252,并且,极250包括与极顶252相对的极顶254。极248和250以及它们之间的极间隙 G 被定制尺寸和形状,以在回旋加速器200运转时产生期望的磁场。例如,在一些实施例中,极间隙 G 可以为3cm。

[0141] 回旋加速器200也包括位于加速腔206内或靠近加速腔206的磁体组件260。磁体组件260配置成便于利用极248和250而产生磁场,以沿着期望的束路径引导带电粒子。磁体组件260包括相对的一对磁体线圈264和266,磁体线圈264和266隔着中面232而彼此隔开距离 D_1 。磁体线圈可以是基本圆形的,并围绕中心轴线236而延伸。轭区段228和230可以分别形成磁体线圈空腔268和270,磁体线圈空腔268和270被定制尺寸和形状,以分别容纳相应的磁体线圈264和266。图2中还显示,回旋加速器200可以包括腔壁272和274,腔壁272和274将磁体线圈264和266从加速腔206分离,且便于将磁体线圈264和266保持在适当位置。

[0142] 加速腔206配置成允许诸如 ^1H 离子的带电粒子在其中沿着预定的弯曲路径被加速,该弯曲路径以螺旋的方式缠绕在中心轴线236的周围,并保持基本上沿着中面232。带电粒子初始地定位成靠近中心区域238。当回旋加速器200被激活时,带电粒子的路径可以围绕中心轴线236运行。在所说明的实施例中,回旋加速器200是等时性回旋加速器,并且同样,带电粒子的轨道具有围绕中心轴线236弯曲的部分和更加线性的部分。然而,本文中描述的实施例并不限于等时性回旋加速器,而是也包括其它类型的回旋加速器和粒子加速器。如图2所示,当带电粒子围绕中心轴线236运行时,带电粒子可以突出至该页面的加速腔206之外并延伸至该页面的加速腔206中。当带电粒子围绕中心轴线236运行时,在带电粒子的轨道和中心区域238之间延伸的半径 R 增加。当带电粒子沿着轨道到达预定的位置时,带电粒子被引入或通过提取系统(未显示)而到达回旋加速器200之外。例如,如下所述,带电

粒子可以由箔材剥离它们的电子。

[0143] 在粒子束112的形成之前或形成期间,加速腔206可以处于抽空的状态。例如,在产生粒子束之前,加速腔206的压力可以为大约 1×10^{-7} 毫巴。当粒子束被激活且 H_2 气体流过位于中心区域238的离子源(未显示)时,加速腔206的压力可以为大约 2×10^{-5} 毫巴。同样,回旋加速器200可以包括可能靠近中面232的真空泵276。真空泵276可以包括从轭体204的末端214径向朝外地突出的部分。

[0144] 在一些实施例中,轭区段228和230可以是能够彼此相向和彼此远离地移动的,使得可以进入加速腔206(例如,用于维修或维护)。例如,轭区段228和230可以由沿靠着轭区段228和230延伸的铰链(未显示)来结合。通过使相应的轭区段围绕铰链的轴线转动,从而可以打开轭区段228和230中的一个或两个。作为另一示例,通过横向地将其中一个轭区段从另一个线性地移开,轭区段228和230可以彼此分离。然而,在备选实施例中,轭区段228和230可以一体地形成,或者当进入加速腔206时(例如,穿过通向加速腔206中的磁轭202的孔或开口),保持密封在一起。在备选实施例中,轭体204可以具有未均匀划分的区段,并且/或者可以包括多于两个的区段。

[0145] 加速腔206可以具有沿着中面232延伸并关于中面232基本上对称的形状。例如,加速腔206可以是基本上盘形的,并包括限定在极顶252和254之间的内部空间区域241以及限定在腔壁272和274之间的外部空间区域243。在回旋加速器200的运转期间,粒子的轨道可能位于空间区域241内。加速腔206也可以包括径向朝外地远离空间区域243的通道,例如通过轭体204延伸至靶系统的通道。

[0146] 此外,极248和250(或者更具体地,极顶252和254)可以由它们之间的空间区域241分离,在空间区域241中,沿着期望的路径引导带电粒子。磁体线圈264和266也可以由空间区域243分离。尤其是,腔壁272和274在它们之间可以具有空间区域243。此外,空间区域243的外围可以由壁表面255限定,该壁表面255也限定了加速腔206的外围。壁表面255可以围绕中心轴线236周向地延伸。正如所显示的,空间区域241沿着中心轴线236延伸相当于极间隙G的距离,并且,空间区域243沿着中心轴线236延伸距离 D_1 。

[0147] 如图2所示,空间区域243在中心轴线236周围围绕空间区域241。空间区域241和243可以共同地形成加速腔206。因而,在所说明的实施例中,回旋加速器200不包括仅仅围绕空间区域241从而限定作为回旋加速器的加速腔的空间区域241的单独的容器或壁。例如,真空泵276可以通过空间区域243而流体连通地联接至空间区域241。进入空间区域241的气体可以通过空间区域243而从空间区域241被抽空。在所说明的实施例中,真空泵276流体连通地联接至空间区域243,并定位成邻接于空间区域243。

[0148] 图2中还显示,回旋加速器200可以包括可操作地附接至机电(EM)马达290-292的一个或更多机械装置280-282。在一些实施例中,机械装置280-282配置成被选择性地移动,以影响回旋加速器200的运转,或者更具体地,影响粒子束。例如,机械装置280和281可以被选择性地移动,使得带电粒子入射到机械装置上。机械装置282可以被选择性地移动,以影响粒子束的期望的路径。另外,机械装置280和281可以延伸至极顶252和254之间的加速腔206的空间区域241中。机械装置282可以位于加速腔206的空间区域243中。

[0149] EM马达290-292可操作地附接至各自的机械装置280-282。正如本文中使用的,当两个元件或组件“可操作地附接”、“可操作地联接”、“可操作地连接”等时,包括两个元件或

组件以允许两个元件或组件执行期望的功能的方式连接在一起。例如,EM马达290-292以允许各个EM马达选择性地移动各自的机械装置的方式附接至各自的机械装置280-282。当可操作地联接(或类似地)时,EM马达和相应的机械装置可以不利用任何介入零件或构件而直接地彼此连接,或者可以间接地彼此连接。在任一情况下,由EM马达引起的运动导致机械装置被移动。

[0150] 在特定实施例中,EM马达290-292安装至极顶252或254中的一个,或者定位成邻接于极顶252或254中的一个。如图2所示,EM马达292定位成直接邻接于极顶252。例如,EM马达290和291分别安装至极顶252和254。EM马达292可以安装至腔壁272。然而,在其它实施例中,EM马达不安装至极顶252或254或定位成邻接于极顶252或254。

[0151] EM马达290-292可以分别包括可操作地附接至各自的机械装置280-282的连接构件293-295。连接构件可以是诸如棒、轴、联杆、弹簧、EM马达的外壳等的任何物理零件。EM马达290-292也可以包括可操作地联接至相应的连接构件的压电元件(未显示)。压电元件可以被激活而移动连接构件,从而移动相应的机械装置。通过对压电元件施加电压或电场,或者通过对压电元件引起应变,从而可以提供激活。例如,作为结果的连接构件的移动可以沿线性的方向或者旋转的方向。在特定实施例中,EM马达290-292是压电马达或超声马达。

[0152] 图3是根据一个实施例形成的轭区段330的局部透视图。轭区段330可以与另一轭区段(未显示)相对。当相对的轭区段和轭区段330密封在一起时,加速腔可以形成于它们之间。当已密封时,两个轭区段可以组成回旋加速器的磁轭,例如上述的回旋加速器200的磁轭202。轭区段330可以具有如关于轭区段228和230(图2)所述的类似的构件和特征。如所显示的,轭区段330包括限定了打开侧空腔320的环部321,打开侧空腔320具有位于其中的磁极350。打开侧空腔320可以包括加速腔的内部空间区域和外部空间区域(未显示)的部分,例如上述的内部空间区域241和外部空间区域243。环部321可以包括配合表面324,该配合表面324配置成在回旋加速器的运转期间接合相对的轭区段的配合表面。轭区段330包括轭或束通道349。如由虚线指示的,束通道349穿过环部321而延伸,并提供了用于被剥离粒子的粒子束离开加速腔的路径。

[0153] 在一些实施例中,极350的极顶354可以包括隆起331-334和凹处336-339。隆起331-334和凹处336-339可能便于通过改变带电粒子所经历的磁场而引导带电粒子。轭区段330也可以包括彼此相向并向着极350(或加速腔)的中心344径向朝内地延伸的射频(RF)电极340和342。RF电极340和342可以分别包括分别从芯柱(stem)345和347延伸的空心的D电极或“D盒”341和343。D盒341和343分别位于凹处336和338内。芯柱345和347可以联接至环部321的内壁表面322。

[0154] 还显示,轭区段330可以包括布置在极350周围的拦截面板371和372。拦截面板371和372定位成拦截加速腔内的迷失的粒子。拦截面板371和372可以包括铝。虽然图3中仅仅显示了两个拦截面板371和372,但是本文中描述的实施例可以包括另外的拦截面板。此外,本文中描述的实施例可以包括定位成靠近内部空间区域内的极顶354的束刮器(beam scraper)。

[0155] RF电极340和342可以形成RF电极系统370,例如参照图1描述的电场系统106,其中,RF电极340和342在加速腔内使带电粒子加速。RF电极340和342彼此合作并形成共振系统,该共振系统包括调谐至预定的频率(例如,100MHz)的感应元件和电容元件。RF电极系统

370可以具有高频功率发生器(未显示),该高频功率发生器可以包括与一个或更多放大器通信的频率振荡器。RF电极系统370在RF电极340和342之间形成交变的电势,从而使带电粒子加速。

[0156] 图3中还显示,多个可移动的机械装置可以设置在加速腔内。例如,剥离组件402可以安装至极350,并且,诊断探针组件440也可以安装至极350。除了剥离组件402和探针组件440之外,所描述的实施例可以包括位于加速腔内的其它可移动的机械装置。可移动的机械装置可以配置成在回旋加速器的运转期间移动且/或在磁轭被密封时移动。更具体地,机械装置可以配置成重复地运转(例如,在不同的位置之间来回移动),同时处于真空状态内,并同时维持大的磁通量。

[0157] 图4是轭区段330的一部分的放大图,并更加详细地显示了剥离组件402。如所显示的,剥离组件402包括可旋转臂406和安装至该可旋转臂406的箔材保持器404。可旋转臂406从定位在极顶354(图3)的外周边411附近的近端408向着中心344(图3)延伸。可旋转臂406可以延伸至远端410(显示在图3中)。在一些实施例中,可旋转臂406配置成围绕远端410转动。

[0158] 箔材保持器404配置成定位在外周边411附近。在示例性的实施例中,箔材保持器404被固定在可旋转臂406的近端408附近。箔材保持器404配置成保持剥离箔材412,使得剥离箔材412位于粒子束的期望的路径内。正如所显示的,例如使用紧固装置414,箔材保持器404可以可移开地联接至可旋转臂406。如果期望的话,紧固装置414可以松开,以将箔材保持器404相对于可旋转臂406重新定位。此外,箔材保持器404可以包括夹紧机构416,该夹紧机构416具有使用例如紧固装置418而固定在一起的相对的指状件。为了移开或替换剥离箔材412,紧固装置418可以松开,以分离指状件。

[0159] 图4中还显示,剥离组件402能够可操作地联接至机电(EM)马达420。机电马达420可以通过缆或线422而通信地联接至控制系统(未显示)。EM马达420可以包括致动组件424和可移动地联接至该致动组件424的连接构件426。连接构件可操作地附接至剥离组件402(或箔材保持器404)。例如,连接构件426可以附接至可旋转臂406的近端408。致动组件424可以包括可操作地联接至连接构件426的多个压电元件。EM马达420配置成当电场施加至压电元件时驱动连接构件426,从而移动可旋转臂406,并且,因而移动箔材保持器404和剥离箔材412。连接构件426可以由EM马达420选择性地移动至不同的位置。

[0160] 在所说明的实施例中,EM马达420是线性的压电马达。EM马达420可以包括非磁性材料,或者更具体地,基本上由非磁性材料构成。当EM马达基本上由非磁性材料构成时,EM马达至多对操作加速腔中的磁场具有微不足道的影响。例如,基本上由非磁性材料构成的EM马达能够安装在预先存在的粒子加速器中,而不为了EM马达重新配置磁场系统。连接构件426包括由致动组件424沿着如由双箭头指示的线性方向来回移动的棒或轨。当连接构件426沿着第一方向移动时,可旋转臂406可以沿着顺时针方向围绕远端410旋转。当连接构件426沿着相反的第二方向移动时,可旋转臂406可以沿着逆时针方向围绕远端410旋转。因而,EM马达420和剥离组件402可以相互作用而将剥离箔材412定位在粒子束的期望的路径内。当粒子束的带电粒子入射到剥离箔材412上时,电子可能从带电粒子中移开(或剥离)。剥离的粒子然后可以顺着期望的路径通过束通道349(图3)。

[0161] 在备选实施例中,剥离组件402可以包括相互作用而对剥离箔材412进行定位的其

它零件或构件。例如,在一个备选实施例中,剥离组件402可以不围绕远端410转动,而是,可以配置成围绕通过紧固装置414延伸的轴线旋转。因此,各种相互连接的机械构件和零件可以用于选择性地移动剥离箔材。例如,剥离组件402和/或EM马达420可以包括可以配置成选择性地移动剥离组件412的联接装置、齿轮、带、凸轮机构、槽、跳板(ramp)以及接合件。同样地,备选的EM马达可以用于移动箔材404。例如,线性的EM马达可以直接保持剥离箔材,并配置成将剥离箔材412移向和移离例如中心344。在其它实施例中,EM马达可以配置成围绕轴线旋转,而不是提供线性的运动。剥离组件402也可以包括非磁性材料,或者基本上由非磁性材料构成。

[0162] 图5是轭区段330的一部分的放大图,并且,更加详细地显示了探针组件440。在所说明的实施例中,探针组件440安装至极顶354,并位于凹处337内。探针组件440包括固定成靠近外周边411的底座支撑件442和可旋转地联接至底座支撑件442的轴部件444。轴部件444向着极350的中心344径向朝内地延伸。探针组件440还包括附接至轴部件444的远端的束探测器446。在所说明的实施例中,束探测器446包括标签或标记447。可选地,探针组件440可以包括可旋转地联接至轴部件444的远端的远侧支撑件448。

[0163] 图5中还显示,探针组件440能够可操作地联接至EM马达450。EM马达450和束探测器446可以通过缆或线452而通信地联接至控制系统(未显示)。EM马达450可以包括致动组件454和联接至致动组件454的连接构件456。连接构件456可操作地附接至探针组件440。例如,连接构件456可以附接至轴部件444的近端458。类似于EM马达420,致动组件454可以包括可操作地联接至连接构件456的多个压电元件。EM马达450配置成当将电场施加至压电元件时驱动连接构件456,从而移动轴部件444,并且,因而移动束探测器446。连接构件456可以由EM马达450选择性地移动至不同的位置,从而选择性地移动轴部件444。

[0164] 在所说明的实施例中,EM马达450是旋转的压电马达。在备选实施例中,EM马达450可以是可操作地联接而以恰当的方式移动标签447的线性马达。在备选实施例中,EM马达450可以包括超声马达。在一些实施例中,EM马达450可以包括非磁性材料,或者更具体地,基本上由非磁性材料构成。正如所显示的,连接构件456包括由致动组件454沿着如由双头箭头指示的旋转方向来回移动的棒或轴。当连接构件456沿着第一方向移动时,轴部件444可以将束探测器446移动至期望的路径中。当连接构件456沿着相反的第二方向移动时,轴部件444可以将束探测器446移出期望的路径。因而,EM马达450和探针组件440可以相互作用而将束探测器446定位在期望的路径内,使得带电粒子入射到束探测器446上。

[0165] 探针组件440可以用于在沿着期望的路径的不同点测试粒子束的量或状况。在期望的路径的一点获得的测量可以与在沿着期望的路径的其它点采取的测量相比较。例如,由束探测器446采取的测量可以用于确定粒子束的损失量。

[0166] 图6是空心D盒(或RF共振器)343和可操作地联接至EM马达462的RF装置460的透视图。在所说明的实施例中,RF装置460安装至EM马达462,并定位成靠近空心D盒343的外周边。RF装置460包括电容板464和可操作地联接至EM马达462的底座延伸件466。电容板464基本上面向空心D盒343,并从空心D盒343隔开分离距离SD。EM马达462是配置成使RF装置460围绕轴线470旋转的旋转类型的马达。当RF装置460围绕轴线470旋转时,电容板464移向空心D盒343和从空心D盒343移开而改变分离距离SD。因而,EM马达462可以配置成选择性地移动电容板464移向空心D盒343和从空心D盒343移开,从而改变分离距离SD。通过改变分离距离

SD,能够调谐回旋加速器的共振频率,以影响粒子束中的带电粒子。

[0167] 图7-10更加详细地显示了可以与本文中描述的实施例一起使用的EM马达。然而,本文中描述的EM马达仅仅是示例性的,并且,也可以使用其它的EM马达。图7-9更加详细地显示了线性类型的EM马达502,该EM马达502可能类似于图4所示的EM马达420。例如,EM马达420和502可以是由PiezoMotor公司制造的Piezo LEGS™马达。图7是EM马达502的分解图,并且,图8显示了已组装的EM马达502。如所显示的,EM马达502包括拉伸弹簧504、辊506、保持器507、驱动棒(或连接构件)508以及致动组件510。致动组件510包括其中具有多个压电元件512(图7)的外壳511。驱动棒508配置成可操作地联接至致动组件510,或者更具体地,压电元件512。在所说明的实施例中,驱动棒508被辊506和拉伸弹簧504按压于压电元件512。

[0168] 图9显示了当被所施加的电压激活时一个压电元件512通过不同阶段A-D的示例性的运动。当多个压电元件512布置成列时,例如在EM马达502中,压电元件512可以合作而沿着线性方向移动驱动棒508。如所显示的,压电元件512包括具有两个压电层516和518的压电陶瓷双压电晶片514,一个中间电极和两个外侧电极(未显示)彼此分离。压电元件512的远端520配置成可操作地接合驱动棒508。因而,各层516或518可以被所施加的电压独立地激活。例如,在阶段A,层516或518均未被激活,并且,压电元件512处于收缩的状况。在阶段B,层518被激活,从而导致层518延伸。因为层516未被激活,所以压电元件512在一个方向上弯曲或倾斜。在阶段C,层516和518两者均被激活,使得压电元件512处于延伸的状况。在阶段D,层516被激活,使得层516延伸。因为层518未被激活,所以压电元件512在与阶段B中的方向相反的方向上弯曲。因而,通过将电压施加至致动组件510中的各个压电元件512,使得压电元件512可以作为使用摩擦力的指状件或腿状件而运转,以移动驱动棒508。

[0169] 图10显示了包括转子532和定子534的致动组件530。致动组件530可以并入旋转类型的EM马达中,例如EM马达450和462。在特定实施例中,致动组件530并入超声马达中。转子532可以可操作地联接至驱动轴(未显示),该驱动轴继而可操作地联接至机械装置。如所显示的,定子534可以包括布置成列并与转子532相接的多个压电元件536。施加的电压可以沿着压电元件536的环建立行波TW,以产生椭圆的运动。激活的压电元件536可以在导致转子532围绕轴线540旋转的不同的接触点接合转子。

[0170] 在一个实施例中,提供了一种操作具有加速腔的粒子加速器的方法。该方法也用于操作诸如系统100的同位素产生系统,或者诸如回旋加速器200的回旋加速器。该方法包括在加速腔中提供带电粒子的粒子束。如上所述,可以使用例如电场和磁场来产生粒子束,以沿着期望的路径引导带电粒子。

[0171] 该方法还包括在加速腔内选择性地移动机械装置,以影响粒子束。机械装置可以类似于机械装置280-282、剥离组件402、诊断探针组件440或者RF装置460。例如,通过使带电粒子入射到机械装置上,或者通过影响电场或磁场而控制期望的路径,使得机械装置可以影响粒子束。例如,RF装置可以相对于空心D盒而被移动,以影响共振频率。如上所述,机械装置可以由机电(EM)马达移动,该机电马达包括连接构件和可操作地联接至该连接构件的压电元件。连接构件可操作地附接至机械装置,并且,可以是能够被移动和操纵而控制机械装置的运动的任何物理结构。当压电元件被激活时(例如,通过施加电压),EM马达驱动连接构件,从而移动机械装置。

[0172] 在特定实施例中,机械装置位于限定了内部空间区域的磁轭的极顶之间,或者定

位成邻接于极。例如,可旋转臂或轴部件的至少一部分可以在极顶之间延伸。此外,在特定实施例中,EM马达可以位于极顶之间,或者定位成邻接于极。在一些实施例中,机械装置相对于磁轭而被移动,或者,在特定实施例中,相对于极顶而被移动。机械装置也可以位于其中一个极顶的隆起或凹处中。例如,剥离组件402定位成沿着隆起333,并且,探针组件440位于凹处337中。此外,EM马达和机械装置可以位于磁轭的内壁表面,或者从磁轭的内壁表面隔开,例如壁表面322。

[0173] 在特定实施例中,粒子加速器和回旋加速器被定制尺寸、形状,并配置成用于医院或其它类似的设定中,以产生用于医学成像的放射性同位素。然而,本文中描述的实施例并不意图限于产生用于医学用途的放射性同位素。此外,在所说明的实施例中,粒子加速器是竖直定向的等时性回旋加速器。然而,备选的实施例可以包括其它种类的回旋加速器或粒子加速器以及其它定向(例如,水平的)。

[0174] 将会懂得,以上的描述意图为说明性的,而不是限制性的。例如,上述的实施例(和/或其方面)可以彼此结合地使用。另外,在不脱离本发明的范围的情况下,可以做出很多修改,以使特定的情形或材料适应于本发明的教导。虽然本文中描述的材料尺寸和类型意图限定本发明的参数,但是它们决不进行限制,而是示例性的实施例。对于本领域的技术人员而言,通过查阅以上的描述,很多其它的实施例将是显而易见的。因此,应当连同权利要求被授予的等同物的整个范围一起,参照所附的权利要求而确定本发明的范围。在所附的权利要求中,术语“包括”和“其中”被用作各自的术语“包含”和“在其中”的简明的等同物。此外,在权利要求中,术语“第一”、“第二”及“第三”等仅仅用作标识,而并不意图将数量上的要求强加于它们的对象。此外,权利要求的限制不以装置加功能的形式撰写,并且,不意图基于美国专利法第112条第六段而被解释,除非且直至这种权利要求限制明确地使用了短语“用于…的装置”,接着为功能的陈述,而没有进一步的结构。

[0175] 该书面描述使用了示例来公开本发明,包括最佳模式,并也使得本领域的任何技术人员能够实践本发明,包括制作和使用任何装置或系统,以及执行任何合并的方法。本发明的可授予专利的范围由权利要求限定,并且可以包括本领域的技术人员想到的其它示例。这种其它的示例意图落在权利要求的范围内,如果它们具有与权利要求的字面语言无差异的结构要素,或者如果它们包括带有与权利要求的字面语言的非实质性差异的等同结构要素的话。

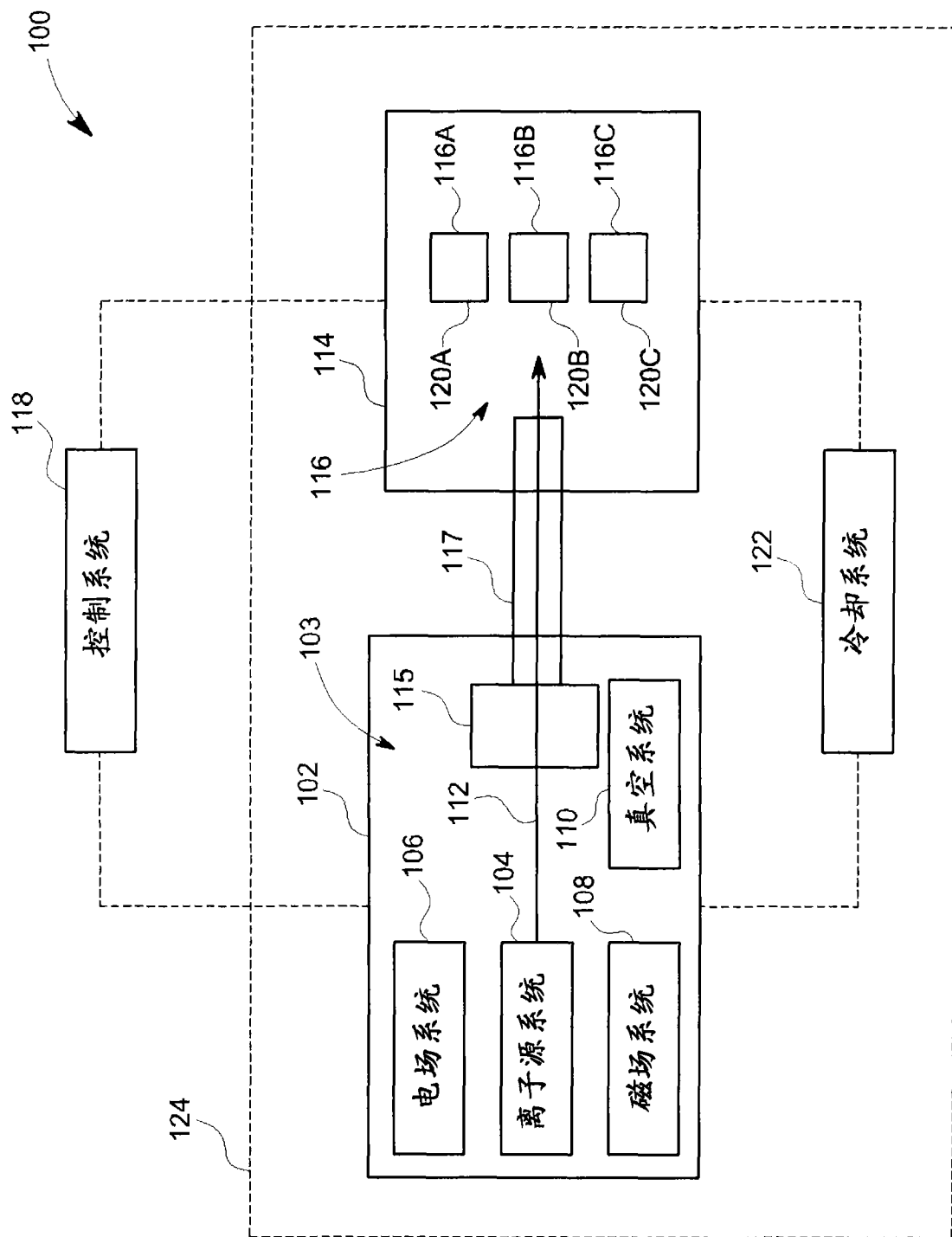


图1

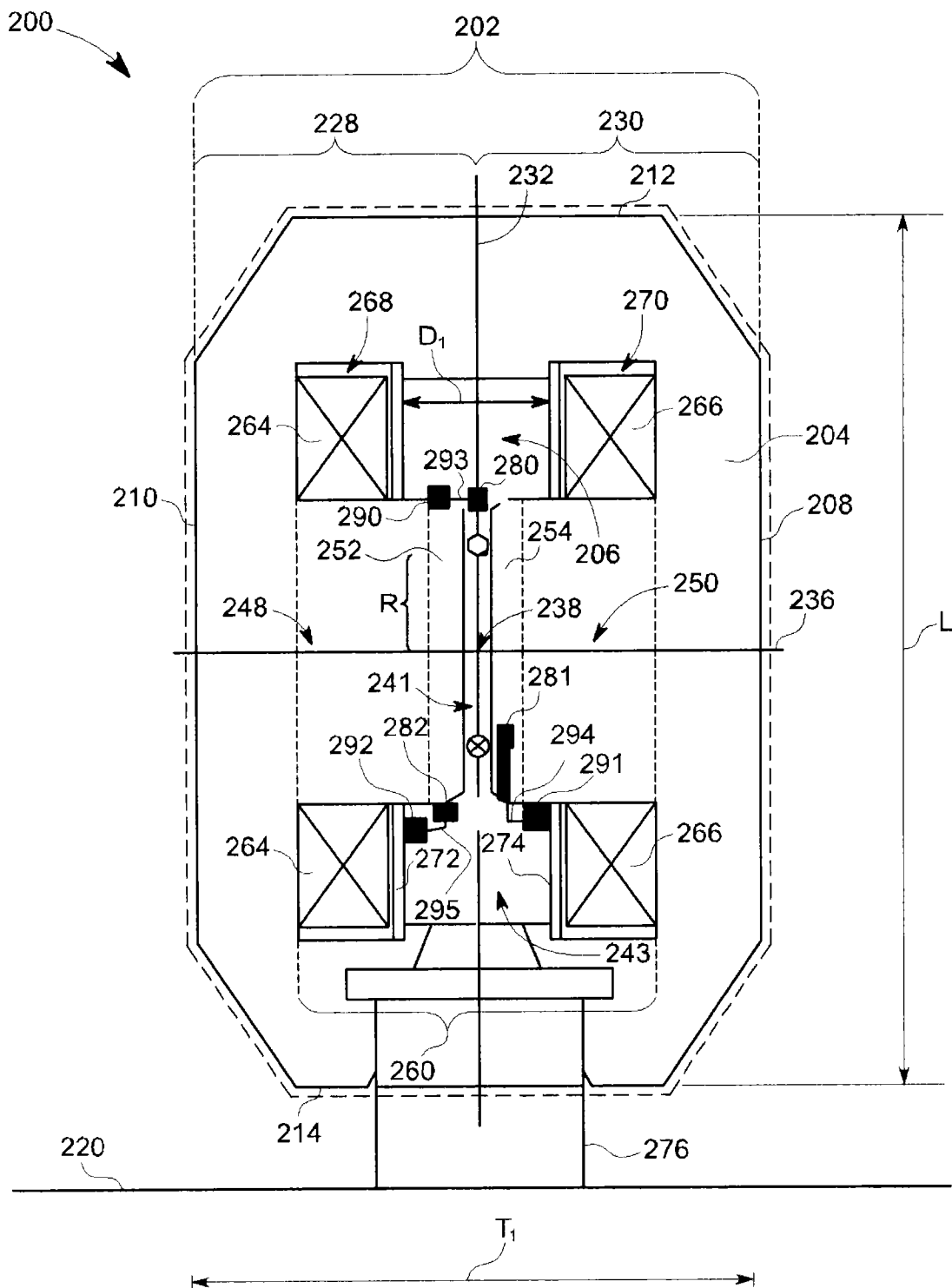


图2

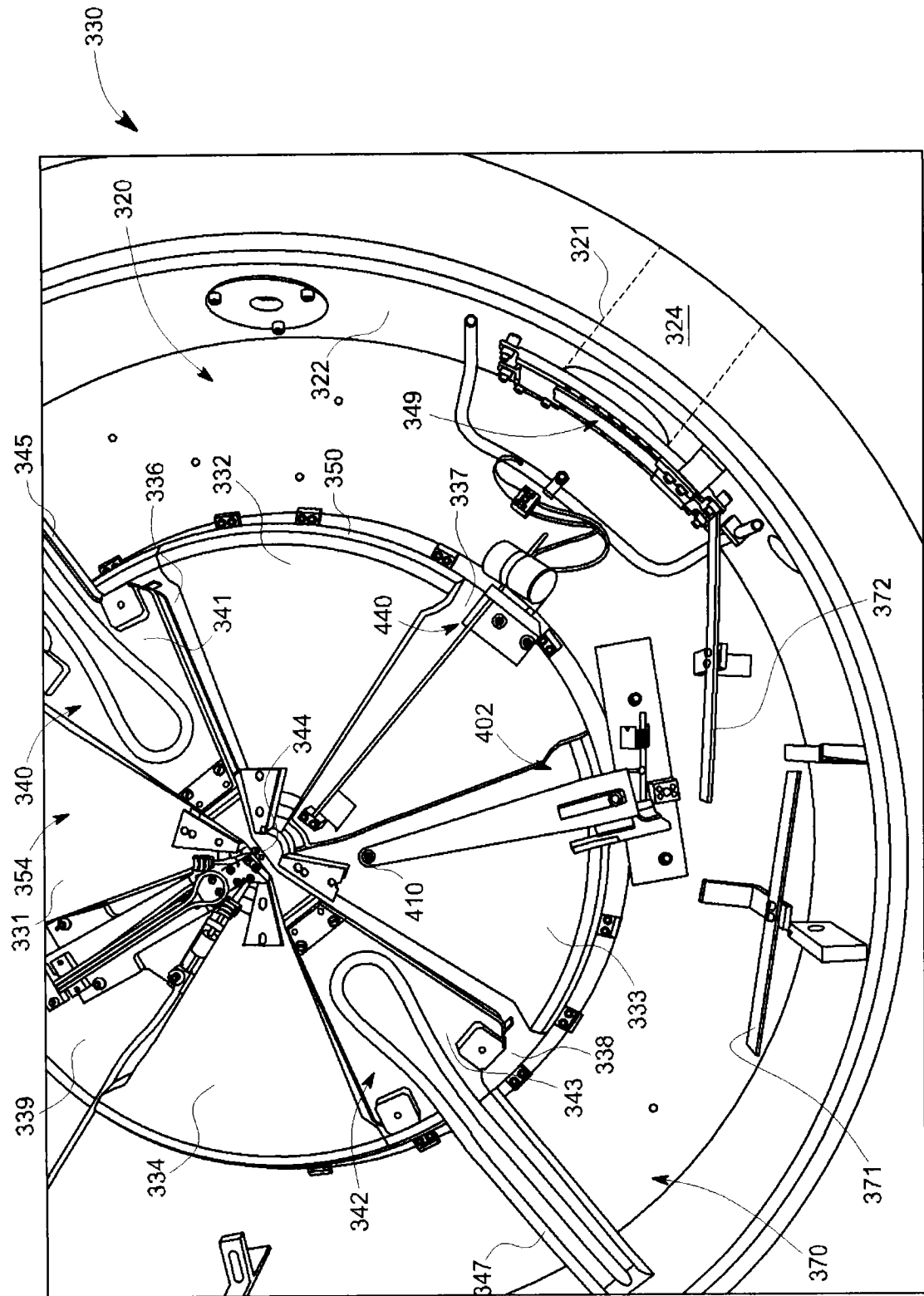


图3

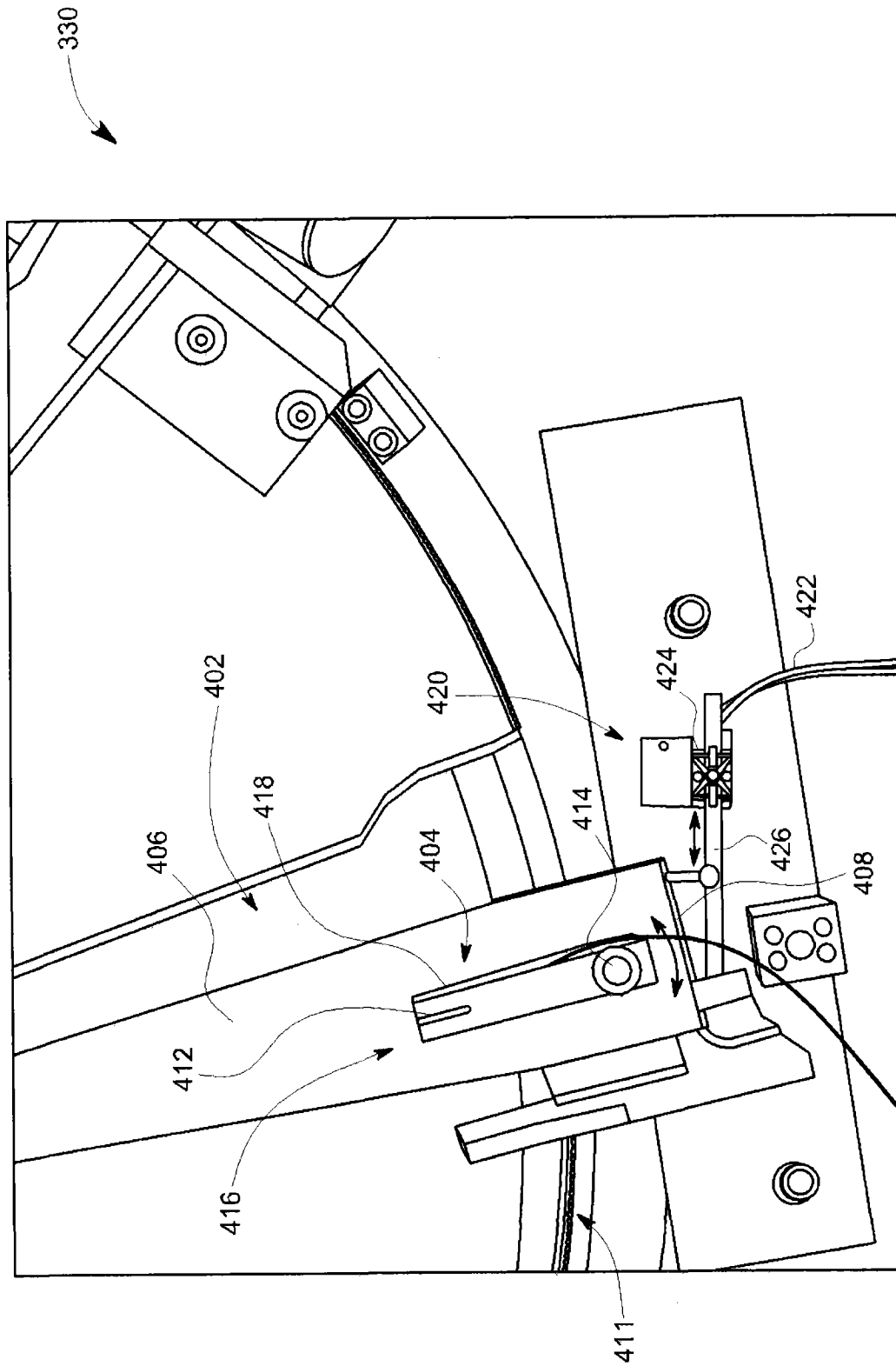


图4

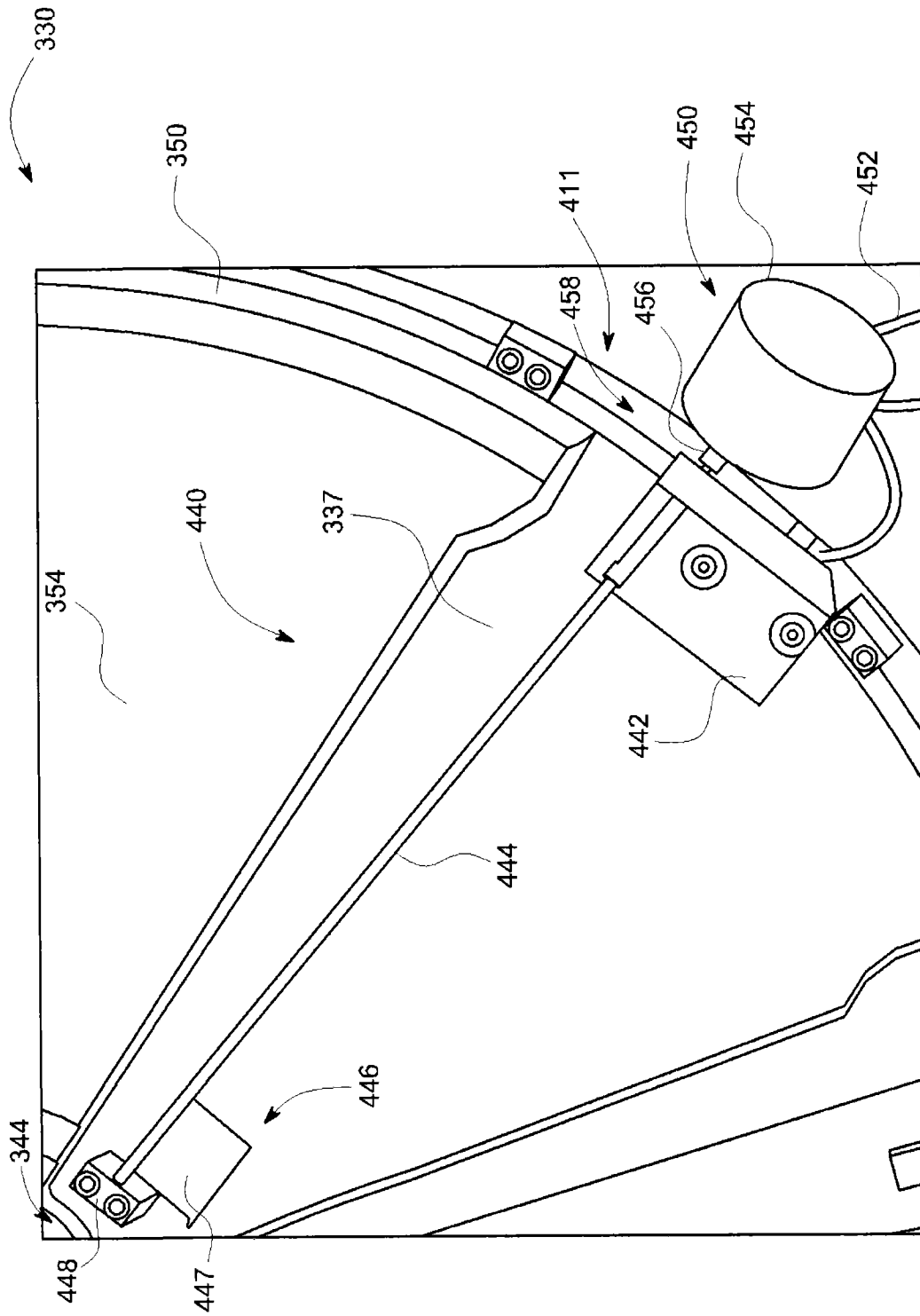


图5

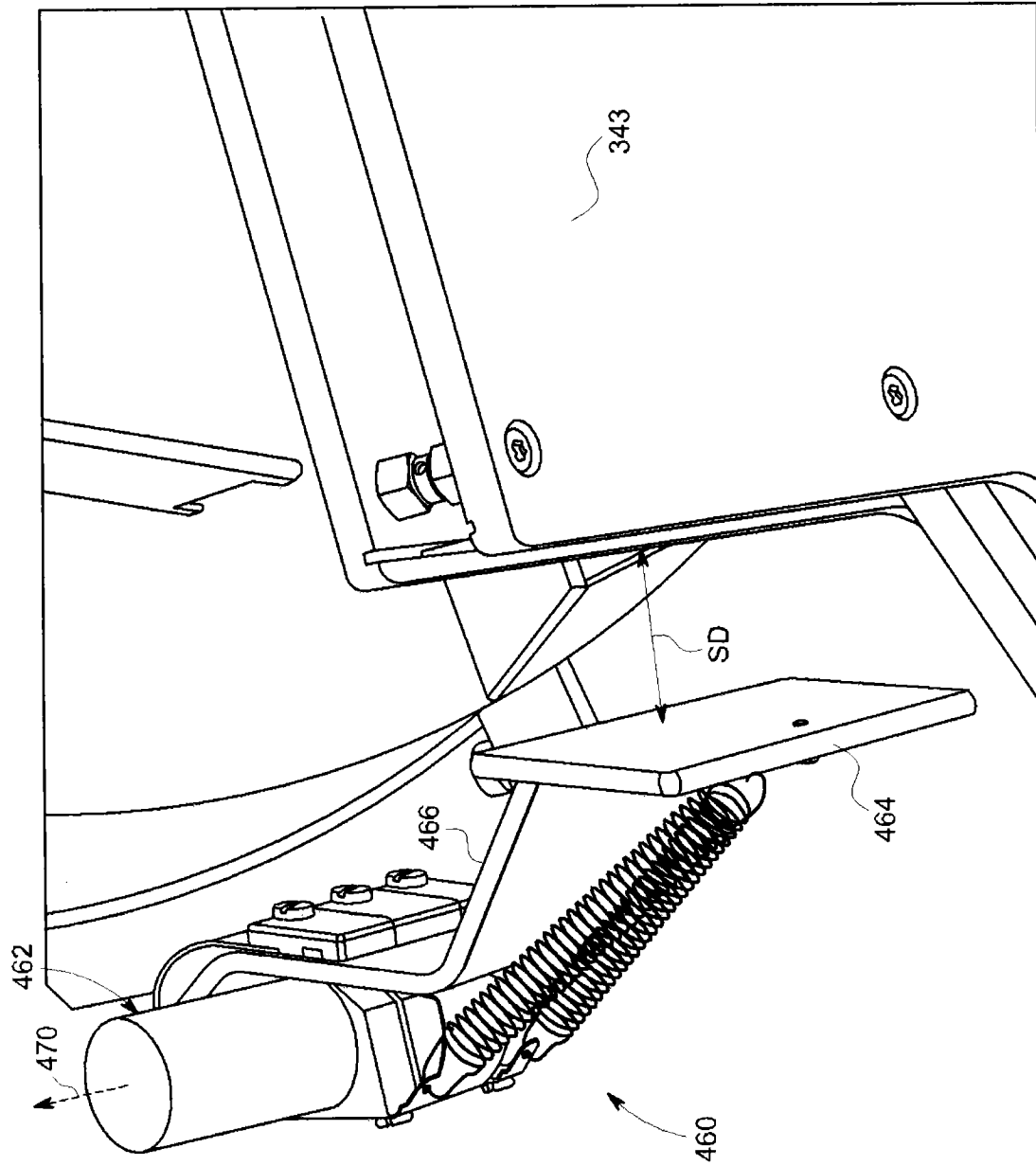


图6

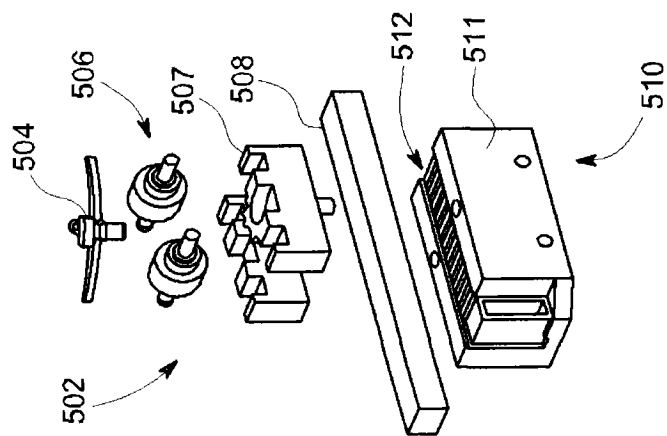


图7

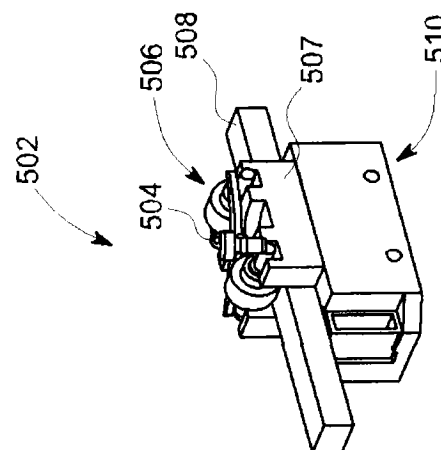


图8

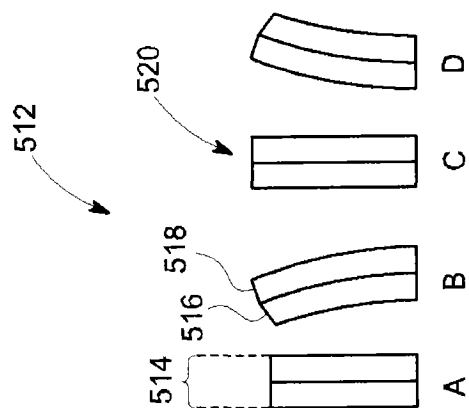


图9

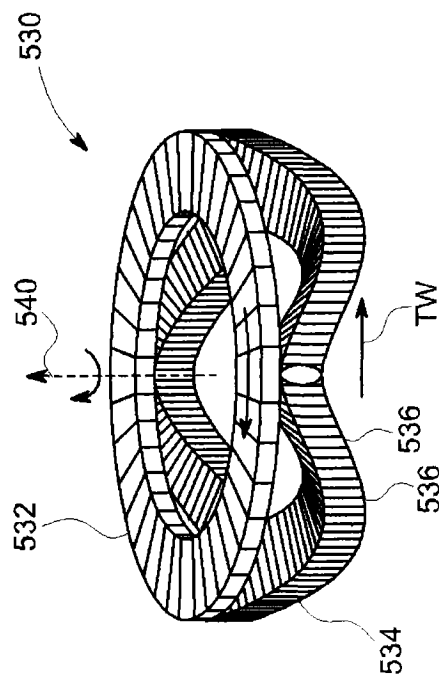


图10