



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105188846 A

(43) 申请公布日 2015. 12. 23

(21) 申请号 201480014342. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 03. 11

A61N 5/10(2006. 01)

(30) 优先权数据

G01R 33/387(2006. 01)

13/801, 680 2013. 03. 13 US

G01R 33/48(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 09. 11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/023556 2014. 03. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/164821 EN 2014. 10. 09

(71) 申请人 优瑞公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 施玛瑜·M·施瓦特斯曼

詹姆士·F·登普西 D·尼科利

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

代理人 陈建芳 阎斌斌

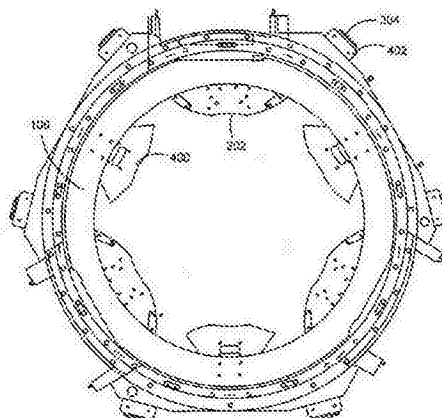
权利要求书2页 说明书5页 附图8页

(54) 发明名称

利用磁共振成像的放射治疗的系统及方法

(57) 摘要

一种结合磁共振成像递送放射治疗的系统和方法,其中可以使用各种导体、防护罩和垫片来解决在将放射治疗设备放置在磁共振成像系统附近时出现的问题。



1. 一种系统,其包括:  
磁共振成像系统;  
机架;  
固定至机架的一个或多个放射治疗头部;  
与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置,其包括多个叶片;  
用于移动叶片的一个或多个叶片驱动马达,所述一个或多个叶片驱动马达包括一个或多个位置传感器和基本上包围一个或多个位置传感器的磁防护罩;  
邻近一个或多个叶片驱动马达的一个或多个永磁体,所述一个或多个永磁体取向成抵消 MRI 的主磁场;以及  
一个或多个附加的传导元件,其围绕机架以基本上对称的方式布置。
2. 根据权利要求 1 所述的系统,其中,一个或多个准直装置具有第一形状、第一体积和第一材料磁导率,并且一个或多个附加的传导元件具有被设计成基本上匹配所述一个或多个准直装置的第一形状、第一体积或第一材料磁导率的第二形状、第二体积或第二材料磁导率。
3. 根据权利要求 1 至 2 中任一项所述的系统,其中,一个或多个准直装置包括外部外罩,并且一个或多个附加的传导元件与准直装置的外部外罩基本上相似。
4. 根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的系统,其中,仅一个放射治疗头部固定至机架,并且仅一个准直装置与一个放射治疗头部关联,并且一个或多个附加的传导元件包括基本上围绕机架的未被一个准直装置占据的部分延伸的单个传导元件。
5. 根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的系统,其中,磁防护罩包括钢,并且具有圆柱形形状。
6. 一种系统,其包括:  
磁共振成像系统;  
机架;  
固定至机架的一个或多个放射治疗头部;  
与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置;以及  
一个或多个附加的传导元件,其围绕机架以基本上对称的方式布置。
7. 根据权利要求 6 所述的系统,其中,一个或多个附加的传导元件包括附加的准直装置。
8. 根据权利要求 6 至 7 中任一项所述的系统,其中,一个或多个准直装置包括外部外罩,并且一个或多个附加的传导元件与准直装置的外部外罩基本上相似。
9. 根据权利要求 6 至 8 中任一项所述的系统,其中,一个或多个准直装置具有第一形状、第一体积和第一材料磁导率,并且一个或多个附加的传导元件具有被设计成基本上匹配所述一个或多个准直装置的第一形状、第一体积或第一材料磁导率的第二形状、第二体积或第二材料磁导率。
10. 根据权利要求 6 至 9 中任一项所述的系统,其中,一个或多个放射治疗头部包括三个放射性同位素源,并且一个或多个附加的传导元件包括与准直装置的外部外罩基本上相似三个导体。
11. 根据权利要求 6 至 10 中任一项所述的系统,其中,仅一个放射治疗头部固定至机

架,并且仅一个准直装置与一个放射治疗头部关联,并且一个或多个附加的传导元件包括基本上围绕机架的未被一个准直装置占据的部分延伸的单个传导元件。

12. 一种系统,其包括:

磁共振成像系统;

机架;

固定至机架的一个或多个放射治疗头部;

与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置,其包括多个叶片;

用于移动叶片的一个或多个叶片驱动马达,所述一个或多个叶片驱动马达包括一个或多个位置传感器和基本上包围一个或多个位置传感器的磁防护罩。

13. 根据权利要求 12 所述的系统,其中,磁防护罩具有圆柱形形状。

14. 根据权利要求 12 至 13 中任一项所述的系统,其中,磁防护罩包括铁磁材料。

15. 根据权利要求 14 所述的系统,其中,铁磁材料包括钢。

16. 一种系统,其包括:

磁共振成像系统;

机架;

固定至机架的一个或多个放射治疗头部;

与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置,其包括多个叶片;

用于移动叶片的一个或多个叶片驱动马达;以及

邻近一个或多个叶片驱动马达的一个或多个永磁体,所述一个或多个永磁体取向成抵消 MRI 的主磁场。

17. 根据权利要求 16 所述的系统,还包括布置在一个或多个叶片驱动马达的任一侧上的永磁体。

18. 根据权利要求 17 所述的系统,其中,永磁体包括钕。

19. 一种方法,其包括:

使用磁共振成像系统捕获受验者的图像;

将至少一个放射束从固定至机架的一个或多个放射治疗头部递送到受验者;

通过利用准直装置部分阻挡放射束形成特定形状的放射递送场尺寸,准直装置包括位置传感器和马达,所述位置传感器确定马达旋转多少次;以及

抵消位置传感器经受的磁场和/或模拟准直装置和准直装置的外罩中至少一个的涡电流性能。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,磁场的抵消包括利用磁防护罩屏蔽位置传感器,以获得相对于磁共振成像系统的主磁体磁场减小的磁场。

21. 根据权利要求 19 至 20 中任一项所述的方法,其中,模拟涡电流包括围绕机架对称地布置附加的传导元件。

## 利用磁共振成像的放射治疗的系统及方法

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本 PCT 申请要求 2013 年 3 月 13 日提交的、名称为“Systems and Methods for Radiotherapy With Magnetic Resonance Imaging”的美国专利申请系列号 13/801,680 的优先权,其申请日和整个公开文本通过援引并入本文。

### 技术领域

[0003] 本公开文本涉及一种用于与磁共振成像结合的递送放射治疗的系统和方法。

### 背景技术

[0004] 使用磁共振成像系统 (MRI) 将放射治疗与重复的实时成像结合在一起,以便在避开附近健康组织的同时更好地定位和处理治疗目标是理想的。虽然 MRI 和诸如线性加速器或放射性同位素束的放射治疗系统已经彼此单独地运行了很长时间,但是将这两种技术结合也出现了很多显著的技术难题。这些难题的例子包括在铁磁和传导性放射治疗设备中产生的通过 MRI 的主磁体和梯度线圈的磁场和涡电流,两者都能够毁坏 MRI 提供优质图像的能力。

### 发明内容

[0005] 本文公开的是用于结合放射治疗和磁共振成像的系统和方法。

[0006] 在一个实施方式中,一种系统可以包括:磁共振成像系统;机架;固定至机架的一个或多个放射治疗头部;与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置,其包括多个叶片;用于移动叶片的一个或多个叶片驱动马达,所述一个或多个叶片驱动马达包括一个或多个位置传感器和基本上包围一个或多个位置传感器的磁防护罩;邻近一个或多个叶片驱动马达的一个或多个永磁体,所述一个或多个永磁体取向成抵消 MRI 的主磁场;以及一个或多个附加的传导元件,其围绕机架以基本上对称的方式布置。一个或多个附加的传导元件可以具有被设计成基本上匹配准直装置的形状、体积或材料磁导率的形状、体积或材料磁导率。此外,一个或多个附加的传导元件可以与准直装置的外部外罩基本上相似。在一个实施方式中,仅一个放射治疗头部固定至机架,并且仅一个准直装置与一个放射治疗头部关联,并且一个或多个附加的传导元件是基本上围绕机架的未被一个准直装置占据的部分延伸的单个传导元件。此外,磁防护罩可以由钢制成,并且可以是圆柱形形状。

[0007] 在另一个实施方式中,一种系统可以包括:磁共振成像系统;机架;固定至机架的一个或多个放射治疗头部;与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置;以及一个或多个附加的传导元件,其围绕机架以基本上对称的方式布置。一个或多个附加的传导元件可以是附加的准直装置,或者可以与准直装置的外部外罩基本上相似。此外,一个或多个附加的传导元件可以具有被设计成基本上匹配准直装置的形状、体积或材料磁导率的形状、体积或材料磁导率。在另一个实施方式中,一个或多个放射治疗头部可以是三个放射性同位素源,并且一个或多个附加的传导元件可以是与准直装置的外部外罩基本上相似的三个导

体。在再一个实施方式中,仅一个放射治疗头部固定至机架,并且仅一个准直装置与一个放射治疗头部关联,并且一个或多个附加的传导元件包括基本上围绕机架的未被一个准直装置占据的部分延伸的单个传导元件。

[0008] 在再一个实施方式中,一种系统可以包括:磁共振成像系统;机架;固定至机架的一个或多个放射治疗头部;与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置,其包括多个叶片;用于移动叶片的一个或多个叶片驱动马达,所述一个或多个叶片驱动马达包括一个或多个位置传感器和基本上包围一个或多个位置传感器的磁防护罩。磁防护罩可以具有圆柱形形状,并且可以由诸如钢的铁磁材料制成。

[0009] 在另一个实施方式中,一种系统可以包括:磁共振成像系统;机架;固定至机架的一个或多个放射治疗头部;与一个或多个头部关联的一个或多个准直装置,其包括多个叶片;用于移动叶片的一个或多个叶片驱动马达;以及邻近一个或多个叶片驱动马达的一个或多个永磁体,所述一个或多个永磁体取向成抵消 MRI 的主磁场。永磁体可以布置在一个或多个叶片驱动马达的任一侧上,并且可以由钕制成。

[0010] 参照以下说明和权利要求书,可以更好地理解本公开文本的这些和其他特征、方面和优点。

## 附图说明

[0011] 结合附图描述本发明的特征、方面和实现方式,其中:

[0012] 图 1 是简化图,其示出了根据本发明主题的实现方式的结合磁共振成像系统操作的放射治疗装置的方面;

[0013] 图 2 是简化图,其示出了根据本发明主题的实现方式的治疗系统的例子;

[0014] 图 3 示出了示例性准直装置,特别是多叶式准直器;

[0015] 图 4 示出了根据本发明主题的实现方式的传导元件的布置的一个例子;

[0016] 图 5A 是简化图,其示出了根据本发明主题的实现方式的与示例性磁防护罩结合的叶片马达;

[0017] 图 5B 是磁防护罩对 MRI 主磁场影响的简化视图;

[0018] 图 6 是根据本发明主题的实现方式的邻近叶片马达组放置的永磁体的简化视图;

[0019] 图 7 示出了根据本发明主题的实现方式的永磁体相对于 MRI 主磁场的示例性磁场取向;以及

[0020] 图 8 示出了流程图,其示出了根据本发明主题的实现方式的方法的特征。

## 具体实施方式

[0021] 本文公开的是用于将放射治疗和磁共振成像结合在一起的系统和方法。图 1 是放射治疗系统的实现方式的简化图,该放射治疗系统包括安装在机架 106 上的放射治疗头部 104,机架 106 能够旋转以能够从不同角度进行放射递送。在图 1 中示出的示例性系统还包括 MRI 102,其可以用于在放射治疗期间实时成像,并且可以是如所示那样的分体式或开放式 MRI。放射治疗头部 104 可以用来引导治疗束到达躺在检查台 (couch) 110 上的患者 108 体内目标处。

[0022] 图 2 示出了可以用于公开的系统和方法的放射治疗系统的实例。该描述的实例包

括安装在机架 106 上的三个放射性同位素源 200, 例如, 钴 60, 其引导三个放射治疗束到患者 108 处。虽然这个实例使用了放射性同位素束, 但是本公开文本考虑了并且能应用于其他类型的放射治疗束, 例如线性加速器、质子束等。此外, 虽然图 2 的实例示出了围绕机架以等距方式间隔开的三个放射治疗头部, 但是本文公开的系统和方法应用于多个放射治疗头部 (即, 一个或多个)。

[0023] 图 2 也示出了衔接至机架 106 并与每个源 200 关联的准直装置 202。例如, 准直装置 202 可以是多叶式准直器 (MLC), 如在图 3 中进一步所示。MLC 典型地具有两组相对的叶片对 302, 其独立移动并且能够打开以形成各种形状和尺寸的孔。叶片 302 的数量能够改变。叶片 302 可以由钨或者任何合适的用于阻挡放射的一种或多种材料制成。MLC 还可以在叶片 302 的长边和前部使用凸出或沟槽布置以限制内叶片放射泄露, 并且能够配置用于叶片 302 在闭合位置的交错接合。

[0024] 每组叶片中的每个叶片 302 可以能够独立运动, 并且可以由叶片马达 304 通过连接杆 306 驱动。MLC 控制系统可以控制两个相对组的叶片 302 以将每个叶片 302 的边缘独立定位在特定位置, 从而阻止放射束并形成特定形状的场尺寸。

[0025] MLC 叶片 302、马达 304 和其他部件可以由外罩 308 支撑, 该外罩 308 然后附接到机架 106。例如, 外罩 308 可以由铝制成。

[0026] 图 4 示出了用于图 2 所示的放射治疗系统的示例性机架 106 布局, 该放射治疗系统具有三个放射性同位素源 200 和三个对应的准直装置 202。图 4 的实施方式还包括附加的传导元件 400。传导元件 400 可以由单个材料或组合的多个材料制成。在 MRI 梯度线圈的通电期间与涡电流的产生有关的方面, 传导元件优选地具有被设计成基本上匹配准直装置 202 的形状、体积和材料磁导率 (即, 材料响应于施加的磁场获得的磁化程度)。例如, 在图 4 所示的实施方式中, 传导元件 400 可以包括相同的多叶片式准直器。

[0027] 因为包括附加群组的相同多叶片式准直器会是昂贵的, 并且由于涡电流主要产生在准直装置 202 的外罩 308 中, 所以传导元件 400 可以仅仅基本上与准直装置 202 的外罩 308 相似。例如, 传导元件 400 可以是多对铝多叶片式准直器外罩。备选地, 传导元件 400 可以是基本上模仿准直装置 202 或外罩 308 的涡电流性能的其他形状或其他材料。

[0028] 如图 4 中所示, 传导元件 400 优选地放置在围绕机架 106 的位置, 以生成基本上对称的图案。传导元件 400 的位置和数量可以变化, 但是最终的布置优选地围绕机架 106 的周边对称。如上所述, 本公开文本考虑了并能应用于任何类型的放射治疗装置。在有单个放射治疗头部的情况下, 例如, 线性加速器, 如上所述的用于附加的传导元件 400 的相同原理可以适用。在一个实例中, 可以具有围绕机架 106 基本上等距间隔的五个传导元件 400, 以及单个准直装置 202。在另一实例中, 单个传导元件 400 可以基本上围绕机架 106 的未被准直装置 202 占据的整个部分延伸。虽然已经给出了针对传导元件 400 的设计和布局的多个实例, 但是可以考虑满足本公开文本的任何设计和布局。

[0029] 如图 5A 所示, 与准直装置 202 关联的叶片马达 304 典型地包括能够确定关联的叶片 302 的位置的一个或多个位置传感器 500。例如, 位置传感器 500 可以是霍尔效应编码器, 其能够确定马达已经旋转了多少次。优选的实施方式包括基本上包围传感器 500 的磁防护罩 502。在一个实例中, 磁防护罩 502 优选地是圆柱形状并且由铁磁材料制成。一种这样的铁磁材料可以是钢, 但是可以使用适于磁防护罩的其他材料和形状。在一个实施方

式中,钢圆柱形的壁厚度在 1.5-2.0mm 的范围内,并且将防护罩内的磁场降低到低于 140 高斯。在一个优选实施方式中,钢圆柱形的壁厚度是 1.6mm。图 5B 示出了磁防护罩 502 如何能够将传感器 500 经受的主磁体磁场 504 降低到在防护罩中观察到的减小的磁场 506。

[0030] 位置传感器 500 优选地在磁场内取向以位于磁场最弱的位置,如图 5B 中所示的磁防护罩 502 的顶部和底部。

[0031] 在公开文本的实施方式中,永磁体 600 可以邻近马达 304 的组放置,如图 6 所示。永磁体 600 可以通过外罩 402 保持在合适位置,并且在一个实施方式中,可以由钕铁硼 (NdFeB) 制成。永磁体 600 的极性取向应该是使得其抵消 MRI 的主磁场和在马达和马达防护罩 304 中引入的磁场。图 7 示出了在 MRI 的主磁场 700 中的永磁体 600 的这种取向,示出了与主磁体的磁场 700 相反的永磁体 702 的南北极性。

[0032] 本公开文本的一个实施方式考虑了放置在如图 6 所示的一组马达 304 的任一侧上的一个永磁体。然而,可以使用合适取向的永磁体 600 的任何数量和布置,以导致基本上消除在马达防护 304 和区域中其他铁磁材料(例如,马达外罩)中引入的磁场。作为永磁体 600 的替代手段,也可以使用有源绕组。可以利用诸如 FARADAY 的建模软件或者诸如 VectorField 的任何其他合适的软件确定磁体设计的强度、场取向和位置的消除效果, FARADAY 可以从 Integrated Engineering Software 获得,其中进一步的结果分析可能在诸如 MATLAB 的程序或者诸如 FORTRAN 的其他合适的软件中执行。

[0033] 在本公开文本的系统和方法的一个实施方式中,叶片马达 304 还可以取向成使得其中的永磁体定子可以抵消马达组的磁场,或者可以备选地取向成使得该组的磁场是已知的或者可预测的。

[0034] 虽然邻近叶片马达 304 的组放置永磁体 600 基本上提高了场均匀性,但是主磁场还能够被进一步提高,并且放射治疗设备对 MRI 102 的影响可以进一步降低。除了叶片马达 304,磁防护罩 502、马达外罩、马达中的定子等,准直装置 202 包括也可以具有铁磁性质的叶片 302。例如,叶片 302 可以由诸如钨的材料制成,其具有大约 1.03 的相对低的磁导率,但是由于叶片的大体积,其也可以对 MRI 的磁场具有显著影响。例如,通过将附加的永磁体垫片放置在系统内进一步提高磁场均匀性。例如,在图 4 所示和所讨论的实施方式中,附加的永磁体可以放置在三个传导元件 4 上。虽然这种位置已经证明有益于该实施方式,但是存在多种其他能够证明有益于场均匀性的位置,可以利用诸如 FARADAY 的建模软件或者诸如 VectorField 的任何其他的合适软件来确定。其他位置可以包括例如在准直装置 202 本身上。此外,有源绕组可以代替永磁体使用或者与永磁体结合使用。最终,可以使用标准的铁磁垫片。

[0035] 图 8 示出了流程图 800,其示出了根据本发明主题的实现方式的方法的特征。在 802,使用磁共振成像系统捕获受验者的图像。在 804,将至少一个放射束从固定至机架的一个或多个放射治疗头部递送到受验者。在 806,通过利用准直装置部分阻挡放射束,形成特定形状的放射递送场尺寸。准直装置包括位置传感器和马达。位置传感器确定马达旋转了多少次。该方法可以可选地包括以下一个或两个步骤:在 810,抵消位置传感器经受的磁场,和在 812,模仿准直装置和准直装置的外罩中的至少一个的涡电流性质。磁场的抵消可以包括利用磁防护罩来屏蔽位置传感器,以获得相对于磁共振成像系统的主磁体磁场降低的磁场。涡电流的模仿可以包括围绕机架对称地布置附加的传导元件。

[0036] 本文描述的主题可以根据期望的结构体现在系统、设备、方法和 / 或物品中。前述说明中阐述的实现方式并不代表根据本文描述的主题的所有实现方式。实际上,它们仅仅是一些根据与描述的主题相关的方面的一些实例。虽然以上已经描述了根据本公开原理的各种实现方式,但是应该理解它们只是作为实例呈现,并不是限制性的。因此,本发明的精神和范围不应该局限于以上所述的示例性实现方式,而是仅受限于本公开文本公布的权利要求书及其等效物。本公开文本考虑了本文的实现方式中公开的计算方法可以应用本文中教导的相同构思的多种方式执行,并且这种计算方法等价于公开的实现方式。此外,上述优点并不旨在将公布的权利要求的应用限制在实现这些任何或所有优点的过程和结构。

[0037] 附加地,章节标题不应该限制或表征在由本公开文本公布的权利要求中阐述的发明。具体地并且通过实例,虽然标题称为“技术领域”,但是这种要求不应该受到在该标题下被选择来描述所谓技术领域的语言的限制。此外,不应该将“背景技术”中技术的说明解释成对技术是在本公开文本中的任何发明之前的认可。不应该将“发明内容”解释成公布的权利要求中阐述的发明的特征。此外,通常对本公开文本的任何引用或者单独使用词汇“发明”并不旨在暗示对所附权利要求书的范围的任何限制。可以根据本公开文本公布的多个权利要求的限制阐述多个发明,并且这些权利要求相应地限制由此保护的发明及其等效物。

[0038] 虽然以上详细描述了一些变型,但是其他修改或附加是可能的。具体地,除了本文阐述的那些之外,可以提供其他特征和 / 或变型。例如,以上描述的实现方式可以涉及公开特征的各种组合和子组合和 / 或以上公开的多个其他特征的组合和子组合。此外,附图所示和 / 或本文所描述的逻辑流程不要求所示的特定顺序或者连续顺序,以获得期望结构。

[0039] 在以上描述的说明及权利要求中,诸如“至少一个”或“一个或多个”的短语之后可以跟随元件或特征的联合列表。术语“和 / 或”也可以出现在一个或多个元件或特征的列表中。除了以其他方式由使用其的上下文暗示或者清楚否定之外,这种短语旨在单独地表示列出的元件或特征中任何一个,或者表示记载的元件或特征中的任何一个与其他记载的元件或特征中任何一个相结合。例如,短语“A 和 B 中至少一个”、“A 和 B 中一个或多个”以及“A 和 / 或 B”均旨在表示“单独的 A、单独的 B、或者 A 和 B 一起”。类似的解释也可以用于包括三个或更多个项目的列表。例如,短语“A、B 和 C 中至少一个”、“A、B 和 C 中一个或多个”以及“A、B 和 / 或 C”每个旨在表示“单独的 A、单独的 B、单独的 C、A 和 B 一起、A 和 C 一起, B 和 C 一起、或者 A 和 B 和 C 一起”。

[0040] 上文和在权利要求书中使用术语“基于”旨在表示“至少部分基于”,以使得未记载的特征或元件也被允许。



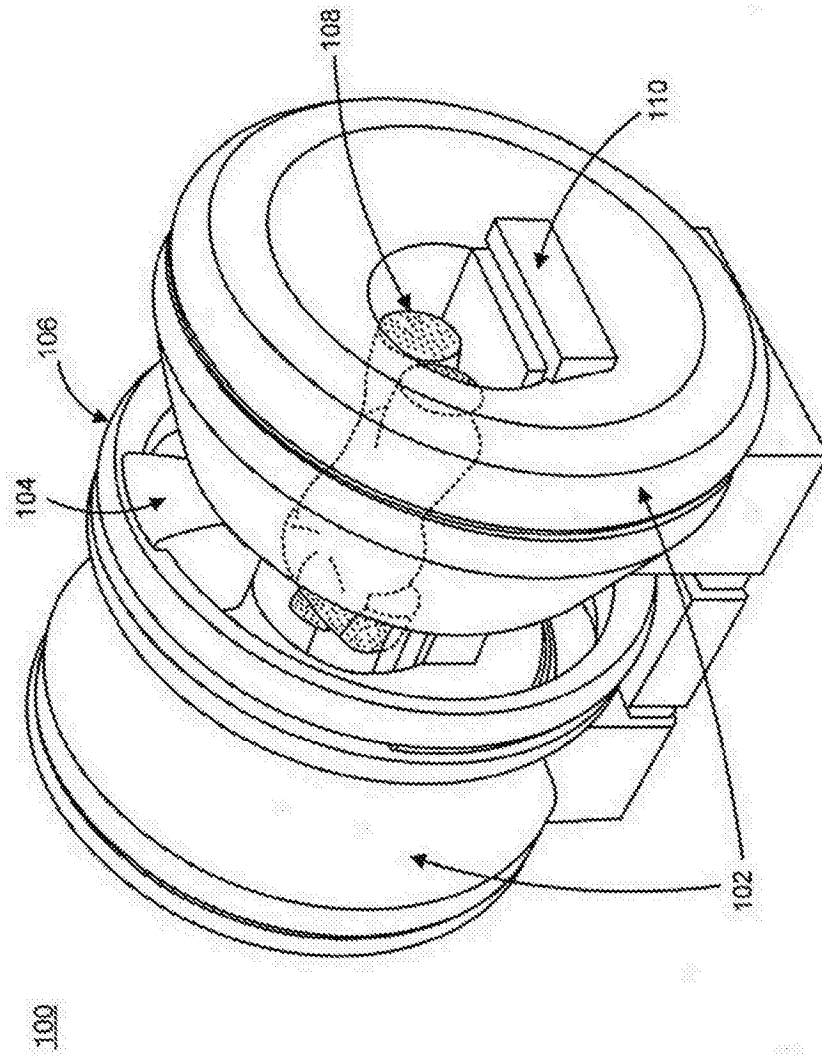


图 1

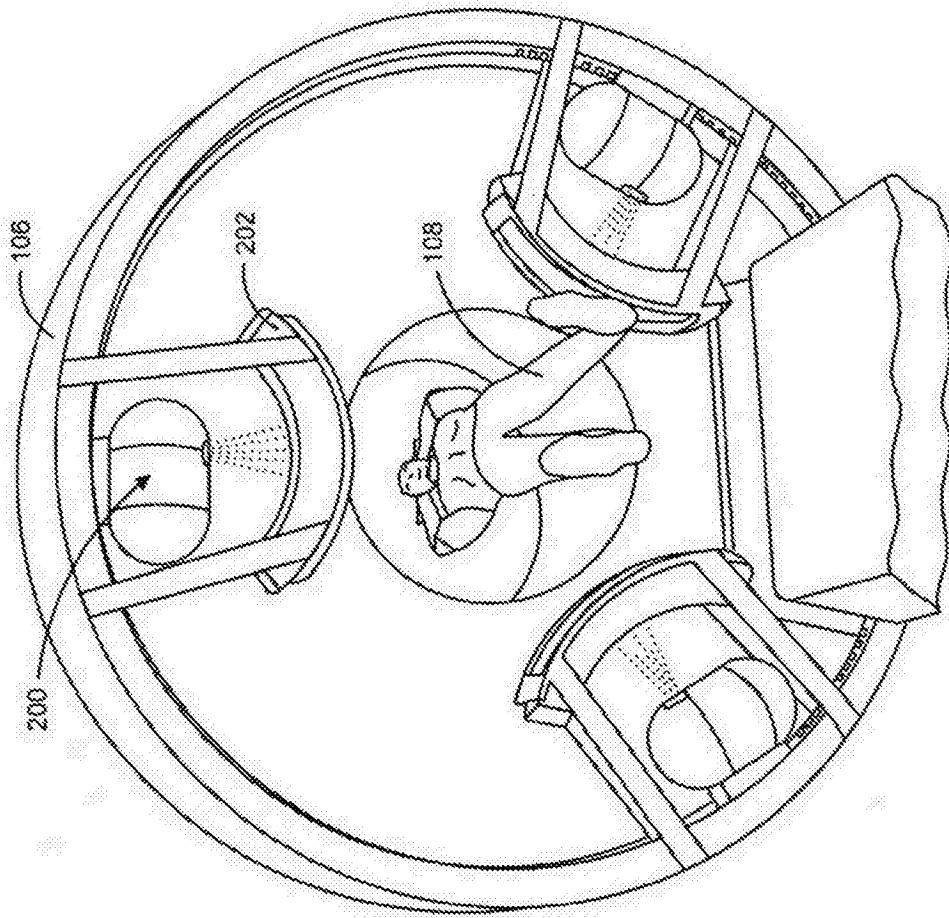


图 2

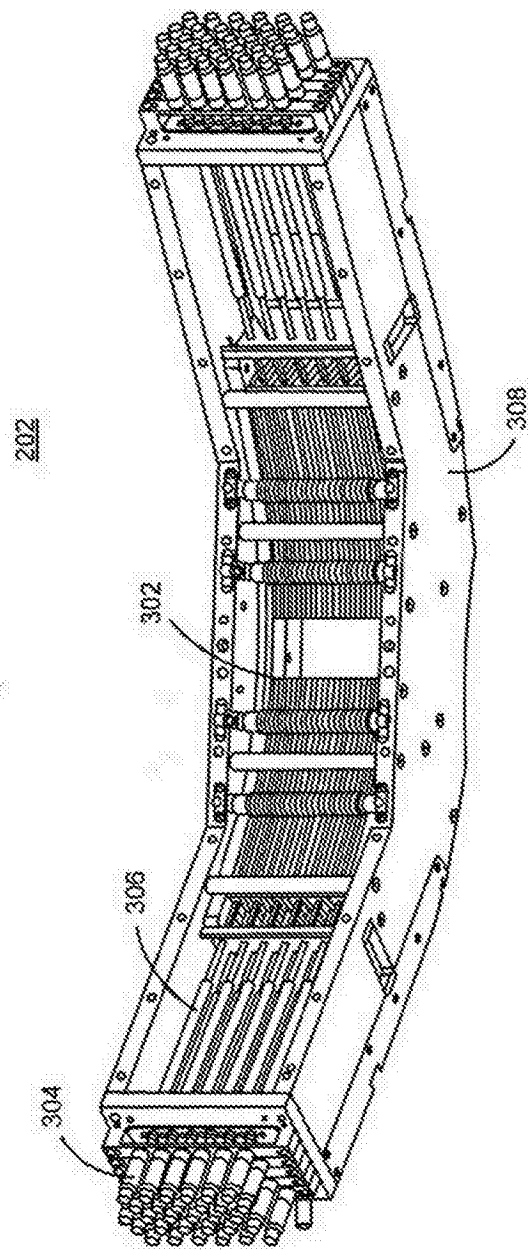


图 3

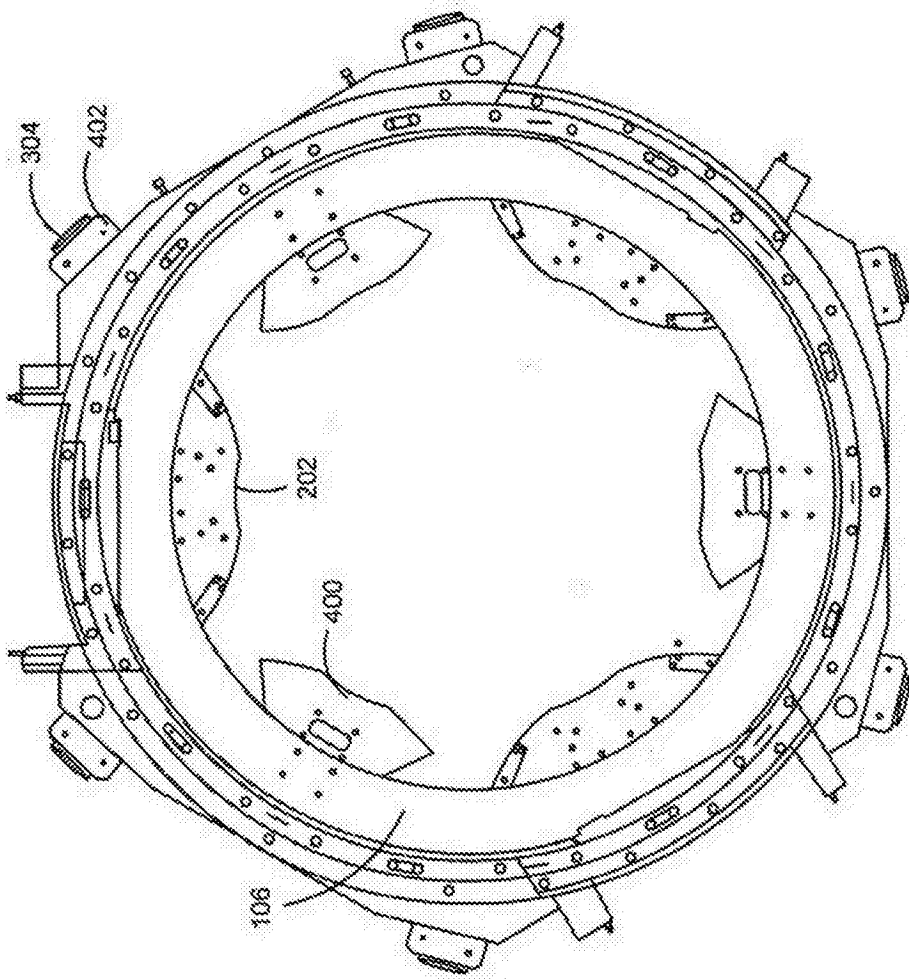


图 4



图 5A

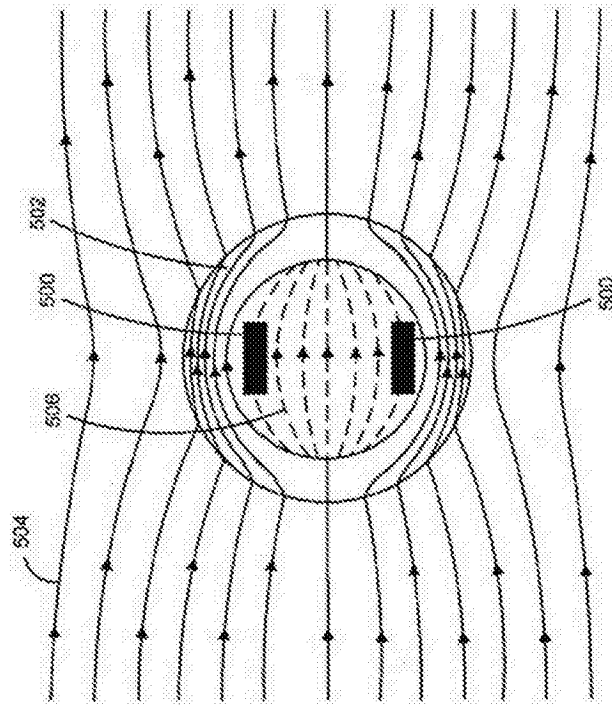


图 5B

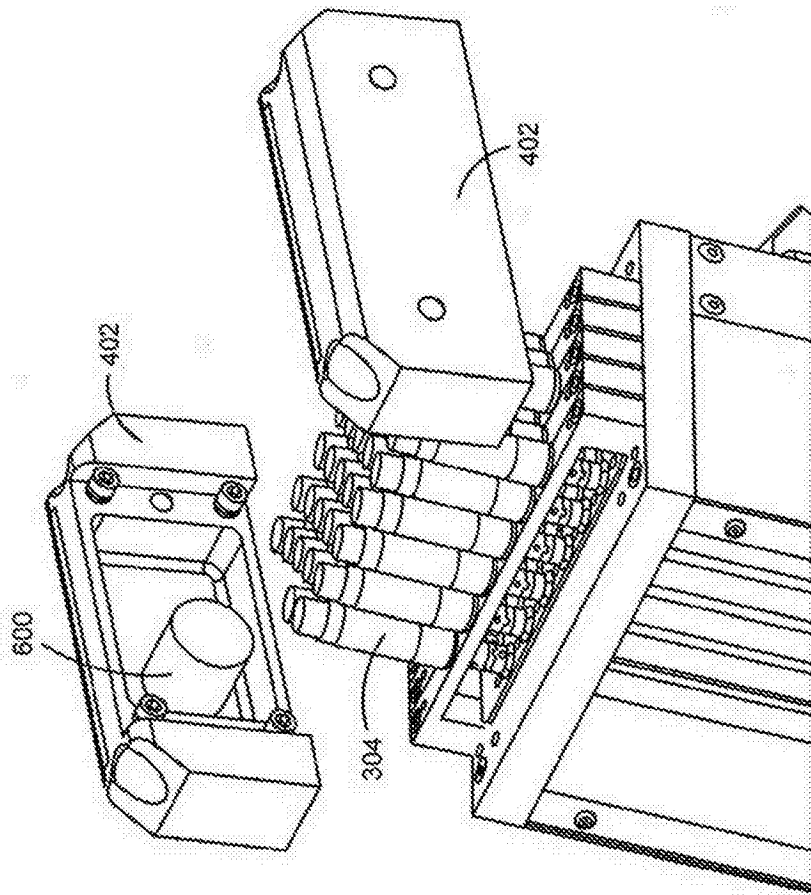


图 6

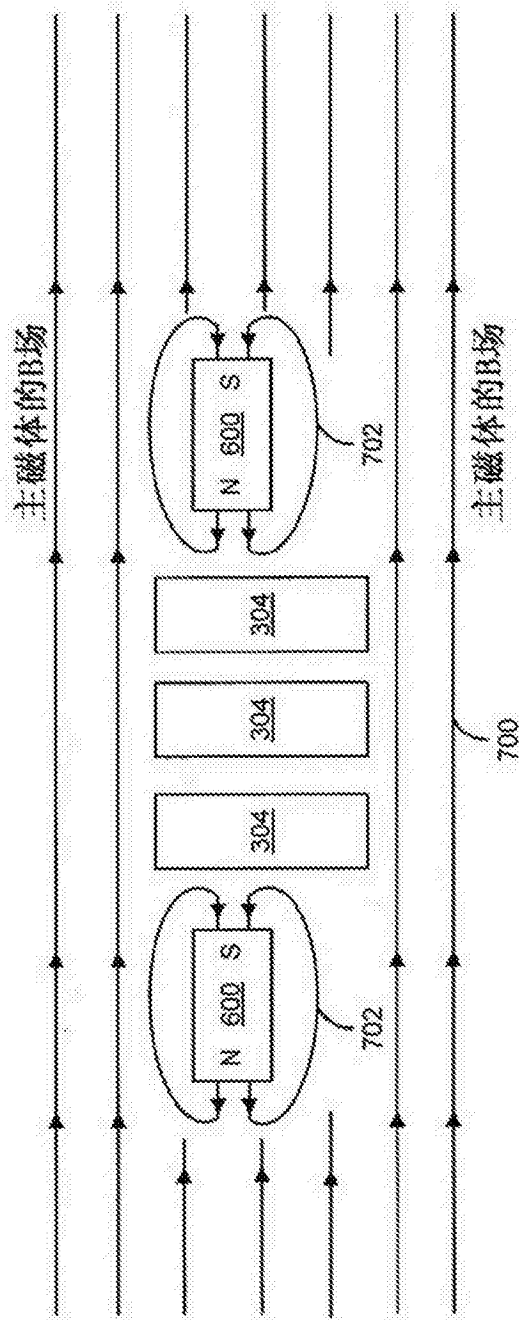


图 7

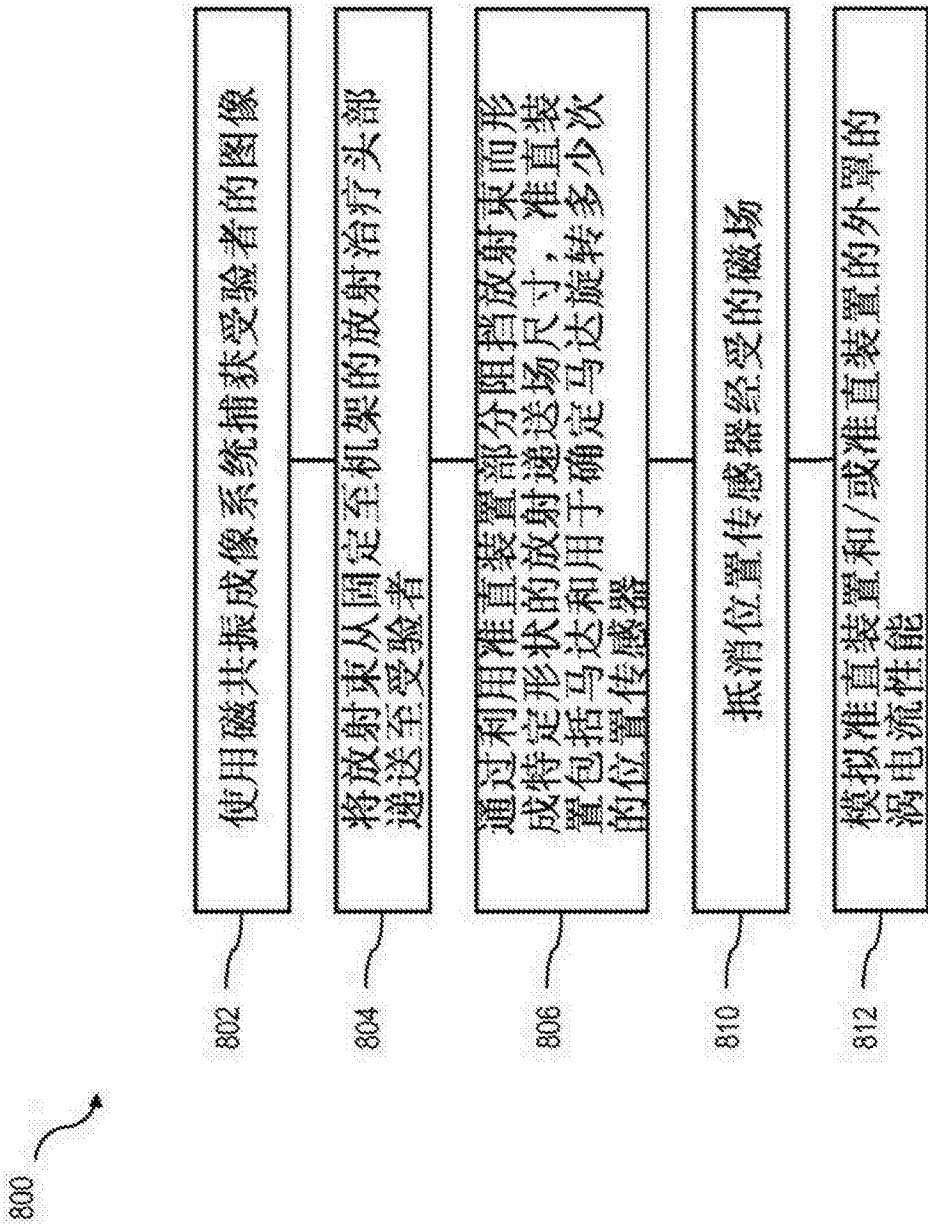


图 8