



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103675734 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310398887. X

(22) 申请日 2013. 09. 05

(30) 优先权数据

13/603903 2012. 09. 05 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J-B. 马蒂厄 E. T. 拉斯卡里斯

K. W. 罗林 M. 徐 S-K. 李

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 叶晓勇 汤春龙

(51) Int. Cl.

G01R 33/421 (2006. 01)

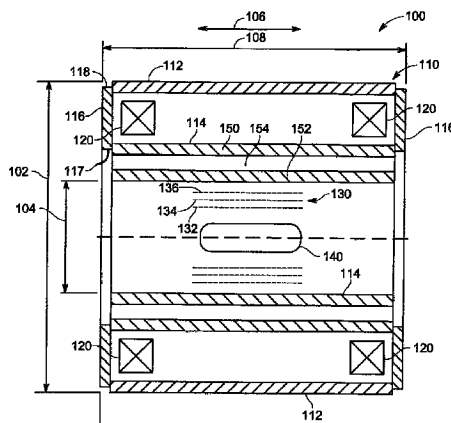
权利要求书2页 说明书16页 附图8页

(54) 发明名称

热腔筒组件

(57) 摘要

本发明提供具有外壁、内壁以及多个支架的热腔筒组件。外壁配置成限定低温恒温器组件的内部外表部分。外壁是大致筒形的，由传导材料制成，并且具有外壁厚度。内壁布置在外壁的径向内部。内壁是大致筒形的，由传导材料制成，并且具有内壁厚度。支架沿着由外壁和内壁限定的轴向延伸。多个支架置于外壁和内壁之间并且连接外壁和内壁。多个支架限定布置于相邻支架之间的开口。



1. 一种用于低温恒温器的热腔筒组件,所述组件包括:

外壁,配置成限定低温恒温器组件的外表部分,所述外壁是大致筒形的,所述外壁包括传导材料并且具有外壁厚度;

内壁,布置在所述外壁的径向内部,所述内壁是大致筒形的,所述内壁包括传导材料并且具有内壁厚度;以及

多个支架,沿着由所述外壁和所述内壁限定的轴向延伸,所述多个支架置于所述内壁和外壁之间并且连接所述内壁和外壁,所述多个支架限定布置于相邻支架之间的开口。

2. 如权利要求1所述的组件,其中所述外壁厚度和所述内壁厚度是大小合适的以便限定趋肤深度,所述趋肤深度配置成实质上屏蔽至少部分由所述外壁限定的所述低温恒温器以免受脉冲调制磁场或由所述脉冲调制磁场产生的涡流,所述脉冲调制磁场由从所述内壁在径向内部布置的梯度线圈组件来提供。

3. 如权利要求1所述的组件,还包括匀场片托盘,所述匀场片托盘配置成由所述开口中的至少一个滑动接受并且可移除地安装到所述开口中的至少一个,所述匀场片托盘配置成接受可调整量的匀场片,所述匀场片配置成改变由布置在所述低温恒温器内的磁体提供的磁场。

4. 如权利要求1所述的组件,其中所述支架中的至少一个限定穿过其中的冷却剂通路。

5. 如权利要求1所述的组件,还包括合作以便形成所述内壁和所述外壁的多个弓形片段,每个片段包括由片段支架连接的片段外壁和片段内壁,每个片段包括连接到相邻片段的对应端壁的端壁。

6. 如权利要求5所述的组件,其中对所述片段中的至少一个,所述片段外壁、片段内壁、片段支架以及端壁整体地形成。

7. 如权利要求1所述的组件,其中所述支架包括与所述外壁和所述内壁中的至少一个不同的材料。

8. 一种低温恒温器组件,包括:

外筒,配置成限定所述低温恒温器组件的外部外表部分;

内筒,从所述外筒在径向内部布置,所述内筒配置成限定所述低温恒温器组件的内部外表部分,所述内筒包括:

外壁,配置成限定所述低温恒温器组件的所述内部外表部分,所述外壁是大致筒形的,所述外壁包括传导材料并且具有外壁厚度;

内壁,布置在所述外壁的径向内部,所述内壁是大致筒形的,所述内壁包括传导材料并且具有内壁厚度;以及

多个支架,沿着由所述外壁和所述内壁限定的轴向延伸,所述多个支架置于所述内壁和外壁之间并且连接所述内壁和外壁,所述多个支架限定布置在相邻支架之间的开口;以及

端盖,布置在所述低温恒温器组件的相对端并且连接所述外筒和内筒以便限定配置成容纳超导磁体的封闭室,所述端盖连接到所述内筒的所述外壁,其中布置于所述内筒的所述支架之间的开口至少部分布置在至少一个端盖的边缘的径向内部,其中所述开口从所述封闭的室外可进入。

9. 如权利要求 8 所述的组件,还包括匀场片托盘,所述匀场片托盘配置成由所述开口中的至少一个滑动接受并且可移除地安装到所述开口中的至少一个,所述匀场片托盘配置成接受可调整量的匀场片,所述匀场片配置成改变由布置在封闭室内的磁体提供的磁场。

10. 如权利要求 8 所述的组件,还包括布置在所述内筒的内壁的径向内部的梯度线圈组件,其中所述梯度线圈组件不具有配置成接受磁匀场片调整组件的结构。

## 热腔筒组件

### 背景技术

[0001] 核磁共振成像(MRI)系统通常包括在成像容积内产生主磁场的超导磁体。为了维持超导性,超导磁体的线圈必须保持在非常低的温度。通常这是通过例如液氦的冷却剂实现的,其中超导磁体被保持在真空组件中以便帮助使超导磁体绝热。

[0002] MRI 系统还包括置于超导磁体和待成像的对象之间的梯度磁体。梯度磁体通常被脉冲调制使得磁场在相对高的频率变化。为了防止梯度磁场影响超导磁体,一个或多个屏蔽层可被置于超导磁体和梯度磁体之间。例如,热腔筒(warm bore cylinder)可被放置接近超导磁体壳体的内边界。在某些已知的系统中,热腔筒是由传导材料制成的薄的、密实套筒。因此,传导材料允许超导磁体的大致稳定的磁场通过,但是用作梯度线圈的脉冲调制磁场的屏蔽。

[0003] 梯度线圈的脉冲调制磁场导致在例如热腔筒的屏蔽中产生的涡流。在梯度线圈磁场可以影响超导磁体之前,这些涡流的形成允许热腔筒帮助耗散梯度线圈的磁场。然而,由于磁场增强,并且涡流增大,涡流和周围磁场互相作用并且引起热腔筒(或其他屏蔽)以增大的幅度机械振动。除噪声和潜在的机械故障之外,这些振动还可以导致通过磁体的结构传播的附加的涡流和磁场。因此,超导磁体变热。可以通过例如更高的磁场、更高的梯度功率和 / 或梯度脉冲和传导筒的机械共振模式之间的频率匹配来加剧效果。这个发热可以影响由超导磁体产生的磁场(以及从而获得的图像的质量),并且甚至导致超导磁体的失超(包括液氦的沸腾的有破坏性的和潜在危险的事件)。

### 发明内容

[0004] 在一个实施例中,提供了用于低温恒温器的热腔筒组件。组件包括外壁、内壁以及多个支架。外壁被配置成限定低温恒温器组件的内部外表(inner exterior)部分。外壁是大致筒形的,由传导材料制成,并且具有外壁厚度。内壁被布置在外壁的径向内部。内壁是大致筒形的,由传导材料制成,并且具有内壁厚度。支架沿着由外壁和内壁限定的轴向延伸。多个支架被置于外壁和内壁之间并且连接外壁和内壁。多个支架限定布置在相邻支架之间的开口。

[0005] 在另一个实施例中,提供了低温恒温器组件。低温恒温器组件包括外筒、内筒和端盖。外筒被配置成限定低温恒温器组件的外部外表(outer exterior)部分。内筒在外筒径向内部布置,并且被配置成限定低温恒温器组件的内部外表部分。内筒包括外壁、内壁和多个支架。外壁被配置成限定低温恒温器组件的内部外表部分。外壁是大致筒形的,由传导材料制成,并且具有外壁厚度。内壁被布置在外壁的径向内部。内壁是大致筒形的,由传导材料制成,并且具有内壁厚度。支架沿着由外壁和内壁限定的轴向延伸。多个支架被置于外壁和内壁之间并且连接外壁和内壁。多个支架限定布置在相邻支架之间的开口。端盖被布置在低温恒温器组件的相对端,并且与外筒和内筒合作以便限定配置成容纳超导磁体的封闭的室。端盖被连接到内筒的外壁,其中被布置于内筒的支架之间的开口至少部分被布置在至少一个端盖边缘的径向内部,其中开口从所述封闭的室外可进入。

[0006] 在又一个实施例中,提供用于装配低温恒温器组件的方法。方法包括提供被配置成限定低温恒温器组件的外部外表部分的外筒。方法还包括提供内筒。内筒包括外壁、内壁和多个支架。外壁被配置成限定低温恒温器组件的内部外表部分。外壁是大致筒形的,由传导材料制成,并且具有外壁厚度。内壁被布置在外壁的径向内部。内壁是大致筒形的,由传导材料制成,并且具有内壁厚度。支架沿着通过外壁和内壁限定的轴向延伸。多个支架被置于外壁和内壁之间并且连接外壁和内壁。多个支架限定被布置在相邻支架之间的开口。方法还包括将超导磁体组件定位在外筒和内筒之间。方法还包括用端盖连接内筒和外筒以便限定容纳超导磁体组件的封闭的室,其中端盖被连接到内筒的外壁,其中被布置于内筒的支架之间的开口至少部分被布置在至少一个端盖边缘的径向内部,其中开口从所述封闭的室外可进入。

[0007] 按照本公开的第一方面,提供了一种用于低温恒温器的热腔筒组件,所述组件包括:

外壁,配置成限定低温恒温器组件的外表部分,所述外壁是大致筒形的,所述外壁包括传导材料并且具有外壁厚度;

内壁,布置在所述外壁的径向内部,所述内壁是大致筒形的,所述内壁包括传导材料并且具有内壁厚度;以及

多个支架,沿着由所述外壁和所述内壁限定的轴向延伸,所述多个支架置于所述内壁和外壁之间并且连接所述内壁和外壁,所述多个支架限定布置于相邻支架之间的开口。

[0008] 按照第一方面的热腔筒组件,其中所述外壁厚度和所述内壁厚度是大小合适的以便限定趋肤深度,所述趋肤深度配置成实质上屏蔽至少部分由所述外壁限定的所述低温恒温器以免受脉冲调制磁场或由所述脉冲调制磁场产生的涡流,所述脉冲调制磁场由从所述内壁在径向内部布置的梯度线圈组件来提供。

[0009] 按照第一方面的热腔筒组件,所述组件还包括匀场片托盘(shim tray),所述匀场片托盘配置成由所述开口中的至少一个滑动接受并且可移除地安装到所述开口中的至少一个,所述匀场片托盘配置成接受可调整量的匀场片,所述匀场片配置成改变由布置在所述低温恒温器内的磁体提供的磁场。

[0010] 按照第一方面的热腔筒组件,其中所述支架中的至少一个限定穿过其中的冷却剂通路。

[0011] 按照第一方面的热腔筒组件,所述组件还包括合作以便形成所述内壁和所述外壁的多个弓形片段,每个片段包括由片段支架连接的片段外壁和片段内壁,每个片段包括连接到相邻片段的对应端壁的端壁。

[0012] 按照第一方面的热腔筒组件,其中对所述片段中的至少一个,所述片段外壁、片段内壁、片段支架以及端壁整体地形成。

[0013] 按照第一方面的热腔筒组件,其中所述支架包括与所述外壁和所述内壁中的至少一个不同的材料。

[0014] 按照本公开第二方面,提供了一种低温恒温器组件,包括:

外筒,配置成限定所述低温恒温器组件的外部外表部分;

内筒,从所述外筒在径向内部布置,所述内筒配置成限定所述低温恒温器组件的内部外表部分,所述内筒包括:

外壁,配置成限定所述低温恒温器组件的所述内部外表部分,所述外壁是大致筒形的,所述外壁包括传导材料并且具有外壁厚度;

内壁,布置在所述外壁的径向内部,所述内壁是大致筒形的,所述内壁包括传导材料并且具有内壁厚度;以及

多个支架,沿着由所述外壁和所述内壁限定的轴向延伸,所述多个支架置于所述内壁和外壁之间并且连接所述内壁和外壁,所述多个支架限定布置在相邻支架之间的开口;以及

端盖,布置在所述低温恒温器组件的相对端并且连接所述外筒和内筒以便限定配置成容纳超导磁体的封闭室,所述端盖连接到所述内筒的所述外壁,其中布置于所述内筒的所述支架之间的开口至少部分布置在至少一个端盖的边缘的径向内部,其中所述开口从所述封闭的室外可进入。

[0015] 按照第二方面的低温恒温器组件,所述组件还包括匀场片托盘,所述匀场片托盘配置成由所述开口中的至少一个滑动接受并且可移除地安装到所述开口中的至少一个,所述匀场片托盘配置成接受可调整量的匀场片,所述匀场片配置成改变由布置在封闭室内的磁体提供的磁场。

[0016] 按照第二方面的低温恒温器组件,所述组件还包括布置在所述内筒的内壁的径向内部的梯度线圈组件,其中所述梯度线圈组件不具有配置成接受磁匀场片调整组件的结构。

[0017] 按照第二方面的低温恒温器组件,其中所述外壁厚度和内壁厚度是大小合适的以便限定趋肤深度,所述趋肤深度配置成实质上屏蔽所述封闭室以免受脉冲调制磁场或由所述脉冲调制磁场产生的涡流,所述脉冲调制磁场由从所述内筒的内壁在径向内部布置的梯度线圈组件来提供。

[0018] 按照第二方面的低温恒温器组件,其中所述支架中的至少一个限定穿过其中的冷却剂通路。

[0019] 按照第二方面的低温恒温器组件,所述组件还包括合作以便形成所述内筒的所述内壁和所述外壁的多个弓形片段,每个片段包括由片段支架连接的片段外壁和片段内壁,每个片段包括连接到相邻片段的对应端壁的端壁。

[0020] 按照第二方面的低温恒温器组件,其中对所述片段中的至少一个,所述片段外壁、片段内壁、片段支架以及端壁整体地形成。

[0021] 按照第二方面的低温恒温器组件,其中所述支架包括与所述外壁和所述内壁中的至少一个不同的材料。

[0022] 按照本公开的第三方面,提供了一种用于装配低温恒温器组件的方法,包括:

提供外筒,所述外筒配置成限定所述低温恒温器组件的外部外表部分;

提供内筒,包括:

外壁,配置成限定所述低温恒温器组件的内部外表部分,所述外壁是大致筒形的,包括传导材料,并且具有外壁厚度;

内壁,布置在所述外壁的径向内部,所述内壁是大致筒形的,包括传导材料,并且具有内壁厚度;以及

多个支架,沿着由所述外壁和所述内壁限定的轴向延伸,所述多个支架置于所述内壁

和外壁之间并且连接所述内壁和外壁,所述多个支架限定布置在相邻支架之间的开口;

在所述外筒和内筒之间定位超导磁体组件;以及

用端盖连接所述内筒和外筒以便限定容纳所述超导磁体组件的封闭室,其中所述端盖连接到所述内筒的所述外壁,其中布置于所述内筒的所述支架之间的所述开口至少部分布置在至少一个端盖的边缘的径向内部,其中所述开口从所述封闭的室外可进入。

[0023] 按照的第三方面的方法,所述方法还包括:

在由所述超导磁体组件提供的磁场中确定不均匀性;

确定匀场片配置以便解决所述不均匀性;以及

将至少一个匀场片托盘放置在布置在所述内筒的所述支架之间的所述开口中的一个,所述至少一个匀场片托盘具有由所述匀场片配置限定的匀场片布置。

[0024] 按照的第三方面的方法,所述方法还包括:

确定在具有在适当的位置的所述匀场片配置的所述磁场中引起的不均匀性;

确定更新的匀场片配置以便解决所述引起的不均匀性;以及

将至少一个匀场片托盘放置在布置在所述内筒的所述支架之间的所述开口中的一个,所述至少一个匀场片托盘具有由所述更新的匀场片配置限定的匀场片布置。

[0025] 按照的第三方面的方法,所述方法还包括由多个弓形片段形成内筒,每个片段包括由片段支架连接的片段外壁和片段内壁,每个片段包括连接到相邻片段的对应端壁的端壁。

[0026] 按照的第三方面的方法,其中对所述片段中的至少一个,所述片段外壁、片段内壁、片段支架以及端壁整体地形成。

[0027] 按照的第三方面的方法,其中所述内壁和外壁中的至少一个以及所述支架分别形成并且后来被连接。

## 附图说明

[0028] 图 1 是按照各种实施例的低温恒温器组件的侧面剖视图;

图 2 是按照各种实施例的图 1 中示出的低温恒温器组件的端视图;

图 3 是按照各种实施例的热腔筒组件的透视图;

图 4 是按照各种实施例的热腔筒片段组件的端视图;

图 5 是按照各种实施例的匀场片托盘组件的端视图;

图 6 是按照各种实施例的图 5 的匀场片托盘组件的平面图;

图 7 是按照各种实施例形成的示范性成像系统的示意框图示;

图 8 是按照各种实施例用于装配用于核磁共振成像(MRI)系统的低温恒温器组件的示范性方法的流程图。

## 具体实施方式

[0029] 当结合附图阅读时,可以更好地理解各种实施例。在附图图示各种实施例的功能块的简图的意义,功能块不一定指示硬件电路之间的区分。因此,例如,功能块中的一个或多个(例如,处理器、控制器或存储器)可在单件硬件或多件硬件中实现(例如,通用信号处理器或随机存取存储器、硬盘等等)。类似地,任何程序可以是独立的程序、可作为子程序

并入操作系统中、可以是安装的软件包中的功能等等。应该理解各种实施例不限于附图所示的布置和手段。

[0030] 如本文所使用的,用单数叙述以及冠以“一”或“一个”的要素或步骤应该被理解为不排除多个所述要素或步骤,除非明确地陈述了这样的排除。此外,提及“一个实施例”并不意图被解释为排除还并入所述特征的其他实施例的存在。此外,除非相反地明确陈述,“包括”或“具有”具有特定性质的要素或多个要素的实施例可包括不具有该性质的其他的这样的要素。

[0031] 按照各种实施例形成的系统提供具有通过支架分隔的壁用于增强的对振动的抵抗的内热腔筒。按照各种实施例形成的系统提供用于在热腔筒内放置匀场片托盘的位置,例如在分隔热腔筒壁的支架之间限定的开口中。至少一个实施例的技术效果包括改进的成像,例如通过为成像提供用于磁场的增强强度的能力。至少一个实施例的另一个技术效果是通过减少(例如在增强的磁场强度中)失超风险来改进安全和修理成本(例如,超导线圈的改进的保护)。至少一个实施例的另一个技术效果是减少或消除通过磁力耦合被传送给超导磁体线圈的脉冲调制的磁场能量。至少一个实施例的另一个技术效果是来自振动的噪声的减少。至少一个实施例的另一个技术效果是由梯度线圈引起的匀场片发热的减少。

[0032] 图 1 是按照各种实施例形成的核磁共振成像(MRI)系统 100 的侧面剖视图,而图 2 是系统 100 的端视图。系统 100 包括低温恒温器组件 110、超导磁体组件 120 以及梯度线圈组件 130。系统 100 被配置成获取数据用于重构与正被成像的对象 140 对应的图像。系统 100 还可包括被放置接近对象 140 (在图 1 或图 2 中未示出)的射频(RF)线圈。对象 140 可以是例如患者的感兴趣部位或方面,诸如,例如头部,或作为另一个示例,膝盖。

[0033] 低温恒温器组件 110 被配置成容纳超导磁体组件 120。例如,低温恒温器组件 110 可限定被包含在第二容器内的第一容器。第一容器可容纳超导磁体连同用于安装和冷却超导磁体线圈的结构和 / 或设备和 / 或材料。第二容器可包围第一容器并且可以是真空的以便为超导磁体组件提供绝热。在备选的实施例中,提供了其他布置。

[0034] 图示的实施例的低温恒温器组件 110 在外形上是大致环形的或筒形的。低温恒温器组件 110 限定外径 102 和内径 104。内径 104 是大小合适的以便顾及由内径 104 限定的腔内的梯度线圈组件 130 和对象 140 (连同 RF 线圈)的放置。低温恒温器组件 110 沿着轴向 106 纵向地延伸。例如,在一些实施例中,长度 108 可以是大约 1.5 米。

[0035] 低温恒温器组件 110 包括外筒 112、内筒 114 和端盖 116。外筒 112、内筒 114 和端盖 116 被连接以便限定封闭的室用于容纳超导磁体组件 120 并且例如提供包围超导磁体组件 120 的真空。

[0036] 内筒 114 在外筒 112 的径向内部布置。端盖 116 定位在低温恒温器组件 110 的相对的轴向端。每个端盖 116 的一部分被连接到内筒 114 和外筒 112 位于轴向外部的部分以便限定其中的室。因此,在图示的实施例中,端盖 116 帮助限定低温恒温器组件 110 的轴向边界,外筒 112 限定低温恒温器组件 110 位于径向外部的的外表部分,并且内筒 114 限定低温恒温器组件的径向内部的外表部分。由低温恒温器组件限定的室在外形上是大致环形的和筒形的,以端盖 116 轴向为界并且以外筒 112 和内筒 114 径向为界。

[0037] 外筒 112 限定低温恒温器组件 110 的径向外边界。图示的实施例中的外筒 112 是具有大致密实和等截面的大致筒形结构。外筒 112 被配置用于连接到端盖 116 以便在低



温恒温器组件 110 内提供真空的紧密外壳。例如,在一些实施例中,外筒 112 可以被焊接到端盖 116。除帮助形成真空外壳之外,外筒 112 还可用作用于超导磁体组件 120 的支撑结构和 / 或用于内部容器的支撑结构的安装位置。在各种实施例中,支撑结构由绝缘材料制成。外筒 112 和 / 或端盖 116 还可提供用于进入超导磁体组件 120 的通路。外筒 112 可具有被安装于其或被定位接近外筒 112 的附加的屏蔽和 / 或绝热层或构件。

[0038] 内筒 114 被布置在外筒 112 的径向内部。由于内筒 114 限定了低温恒温器组件 110 的径向在内或内部外表部分,布置在内筒 114 径向内部的容积(例如,在内筒 114 的内腔之内)没有被保持在超导所需的低温,内筒 114 还可被认为是热腔筒或热腔。内筒 114 例如可以限定大小合适以便顾及梯度线圈组件 130 和对象 140 的放置的内径 104 (连同例如表面线圈的 RF 线圈)。例如,在实施例中,内径可在大约 60 到大约 95 厘米的范围内。

[0039] 内筒 114 或热腔可以是大小合适的、成比例的以及被配置成帮助实现若干个目标。内筒 114 与端盖 116 以及外筒 112 合作以便限定用于容纳超导磁体组件 120 的室。内筒 114 还可用作用于超导磁体组件的支撑结构和 / 或用于内容器的支撑结构的安装位置。在实施例中,支撑结构由绝缘材料制成。内筒 114 和 / 或端盖 116 还可提供用于进入超导磁体组件 120 的通路。内筒 114 可具有被安装于其或被定位接近内筒 114 的附加的屏蔽和 / 或绝热层或元件。

[0040] 此外,内筒 114 被配置成屏蔽以便防止或最小化由梯度线圈组件 130 产生的磁场到达或影响超导磁体组件 120。在图示的示例中,内筒 114 至少部分由导电材料组成。例如,内筒 114 可以完全或部分由铜、铝或不锈钢形成。当暴露于脉冲调制的磁场时,例如由梯度线圈组件 130 提供的场,这些材料产生涡流。这些涡流帮助耗散磁场。因此,内筒 114 可以起作用以便屏蔽被布置在内筒 114 的径向外部的容积(例如,通过低温恒温器组件 110 限定的容纳超导磁体组件 120 的室)。在一些实施例中,其他的传导筒和结构,例如辐射屏蔽或热屏蔽,或作为另一个示例的氦容器,还可以帮助耗散梯度线圈的磁场。在某些已知的设计中,在更大的场强,例如大约 1.5 特斯拉或例如 3 特斯拉(在其中振动变得愈加有问题的场强可以基于系统的特定配置变化),热腔可以在更大的磁场的影响下振动。振动又可创造向低温恒温器传播的附加的磁场,从而导致引起发热的电流并且最终失超。

[0041] 内筒 114 限定低温恒温器组件 110 的径向内部边界。在图示的实施例中的内筒 114 是具有由支架分隔的壁的大致筒形结构。内筒 114 被配置用于连接到端盖 116 以便在内部提供真空的紧密外壳。例如,在实施例中,内筒 114 被焊接到端盖 116。

[0042] 内筒 114 包括外壁 150、内壁 152 以及支架 154。外壁 150 被布置在内壁 152 的径向外侧。外壁 150 和内壁 152 通过支架 154 连接。支架 154 围绕内筒 114 的周围每隔一段距离布置,从而限定孔或开口 156。在图示的实施例中,开口 156 在径向外侧方向以外壁 150 并在径向内部方向以内壁 152 径向为界。开口 156 以相邻支架 154 横向为界。如图 2 所示,在图示的实施例中有限定 8 个开口 156 的 8 个支架 154。可在其他实施例中使用其他数量的支架和开口。例如,在其他实施例中,可出现更大数量的支架(以及具有比图 2 所述的减小的宽度的开口)。例如,在实施例中可提供 16 个到 36 个之间的开口。

[0043] 在图示的实施例中,在截面中,支架 154 是大致柱形的并且沿着内筒 114 的内壁 152 和外壁 150 的实质上的整个长度轴向延伸。在各种实施例中,支架可具有不同的截面,例如“X”形。在一些实施例中,支架中的一些或所有可在轴向上不连续或以另外形式可以

不横跨内筒 114 的整个长度,例如以便于在低温恒温器组件 110 装配或操作期间的构造和 / 或安装和 / 或进入内筒 114 和 / 或低温恒温器组件 110 的一部分。

[0044] 内筒 114 可实质上由单个材料构造。例如,外壁 150、内壁 152 以及支架 154 可由相同的传导材料构造。在一些实施例中,内筒 114 可例如通过挤压由单件整体地形成。在备选的实施例中,可连接多件以形成内筒 114。例如,可连接弓形片段以形成内筒。此外或备选地,比内筒 114 更短的两件或更多件可在轴向上相互邻近地定位然后连接以形成更大长度的一件。例如,可连接一系列更短的筒以便形成内筒 114,或者可连接一系列更短的弓形片段以便形成具有和内筒 114 相同长度的弓形片段,然后连接多个这样的弓形片段以便形成内筒 114。更进一步,此外或备选地,可将单独的内筒(或与内筒的一部分相对应的弓形片段)定位在外筒的内部(或与外筒的一部分相对应的弓形片段),支架被置于内筒和外筒之间,然后例如通过将各种部件焊接在一起来连接组件。在实施例中,内筒 114 的形态可由不同材料组成,例如层叠布置。例如,内筒和外筒可由传导材料组成而支架可由绝热和 / 或电绝缘材料组成。

[0045] 内筒 114 是大小合适的、成比例的和 / 或被配置成屏蔽超导磁体组件 120 免受由梯度线圈组件 130 产生的脉冲调制磁场以及脉冲调制磁场的影响。例如,在图示的实施例中,选择外壁 150 和内壁 152 的厚度以便提供足够量的传导材料以便通过在外壁 150 和内壁 152 中形成的涡流来耗散脉冲调制磁场。此外,内筒 114 是大小合适的、成比例的和 / 或被配置成减小、最小化或防止由梯度线圈组件 130 的脉冲调制磁场引起的振动。在图示的实施例中,选择外壁 150 和内壁 152 被隔开的距离(例如,支架 154 的高度)使得内筒 114 具有将振动维持在可接受水平或低于可接受水平的足够力矩。

[0046] 空间,特别是在径向,在 MRI 系统中经常是非常珍贵的。具有上述隔开的内壁和外壁的内筒 114 比具有单个、薄壁的筒占据更多径向空间。在实施例中,隔开的内壁和外壁所需的空间通过使用在内筒 114 中限定的开口 156 被用作插入匀场片托盘的位置。

[0047] 在 MRI 系统中,匀场片可被用于调整或微调由例如超导磁体的主磁体提供的磁场。例如,可研究由磁体产生的磁场以便识别不均一的场分量。然后定位例如铁板或铁棒的被动匀场片以便抵偿不均一的场分量。这些匀场片,例如,可成组地定位在然后被定位在磁场内的匀场片托盘中。在某些已知的系统中,匀场片托盘被放置在梯度磁体组件的线圈之间。在其他已知的系统中,匀场片托盘可被放置在低温恒温器本身内。

[0048] 然而,被放置在梯度线圈之间的匀场片可由梯度线圈发热,并且发热可影响匀场片的导磁率。在安装和固定匀场片托盘中梯度线圈还可呈现某些困难。例如,在沿着轴向梯度线圈没有低温恒温器长的系统中,匀场片托盘可延伸超过梯度线圈并呈现安装困难。在匀场片托盘被放置在低温恒温器中的系统中,获得接近匀场片托盘可以是非常困难和 / 或费时的。

[0049] 各种实施例有利地将匀场片托盘定位在由内筒 114 的内壁 152 和外壁 150 之间的支架 154 限定的开口 156 内。这样的放置利用由内筒 114 消耗的附加径向空间的至少一部分。例如,一个或多个开口 156 的一部分可以被机械加工成大致平坦的以便为大致平坦的匀场片托盘提供方便的放置表面。在一些实施例中,为了改进的结构支撑(例如,沿着与梯度线圈的长度相比的低温恒温器长度的改进的支撑)以及匀场片改进的热管理,在内筒的开口中的匀场片托盘的定位可以从梯度线圈移除匀场片托盘。此外,在一些实施例中,例如

与具有匀场片被放置在低温恒温器内的系统相比较,在内筒 114 的开口 156 内的匀场片托盘的定位提供改进的进入。

[0050] 例如,如图 2 所示,开口 156 在轴向可进入(例如,如图 2 所示在页面外)。因此,匀场片托盘可以被加入或从系统 100 移除而不打开低温恒温器组件 114。在图示的实施例中,开口 156 至少部分被定位在至少一个端盖 116 的内部径向边缘的径向内部。因此,从系统 100 的外部从轴向可进入开口 156。在一些实施例中,可以从低温恒温器的任一侧在轴向上可进入开口(例如,开口至少部分位于两个端盖 116 的内部边缘的径向内部),或可以是只从一侧可进入(例如,端盖 116 中的一个可限定大致密实的类似盘的形状)。在各种实施例中,实质上每个开口的全部在至少一个轴向上是可进入的。在其他实施例中,例如,开口 156 的一部分可以由端盖 116 的一部分阻塞,但是足够的开口 156 是可进入的以便允许匀场片托盘的放置或移除。在其他实施例中,开口可通过端盖的可移除部分覆盖(例如,闸门或盖子),当希望进入开口时,该端盖可以被移除。因此,在各种实施例中,匀场片可方便地被定位在由内筒 114 限定的包壳内,提供方便的进入,减少空间要求,并且提供匀场片的更容易的热管理。

[0051] 回到图 1,端盖 116 为低温恒温器组件 110 提供轴向边界,并且与内筒 114 和外筒 112 合作以便限定用于容纳超导磁体组件 120 的室。例如,端盖 116 可被焊接到内筒 114 和外筒 112。

[0052] 在图示的实施例中,端盖 116 限定大致环形的或环形的截面,具有外径大约等于或小于外筒 112 的外径(端盖 116 的外径大约等于或大于外筒 112 的内径),从而为将端盖 116 连接到外筒 112 提供方便的区域。此外,大致环形的或环状的端盖 116 的截面具有小于内筒 114 的外径的内径,从而为将端盖 116 连接到内筒 114 提供方便的区域。在图示的实施例中,端盖 116 中的开口的内径小于外壁 150 的外表面的直径但是大于外壁 150 的内表面的直径。因此,端盖 116 可以被连接到内筒 114 的外壁 150 而不在轴向上阻塞进入开口 156。

[0053] 如图 1 和图 2 所示,端盖 116 限定与端盖 116 的外径相对应的外边缘 118,并且限定与开口的通过端盖 116 的截面的中心的直径相对应的内边缘 117。因此,图示的实施例中的开口 156 被定位在端盖 116 的内边缘 117 的径向内部。因此,端盖 116 从轴向上不阻塞进入开口 156。在一些实施例中,端盖 116 可包括可密封的开口或入口以便允许例如电力或通信链路从低温恒温器组件 110 内部延伸到系统 100 外部。在一些实施例中,低温恒温器组件 110 任一侧上的端盖 116 实质上可以是相同的,然而在其他实施例中,端盖 116 实质上可以互不相同。例如,在一些实施例中,一个端盖 116 限定具有允许轴向上进入开口 156 的内开口的大致环形,而其他端盖 116 可不允许进入开口 156。

[0054] 超导磁体组件 120 包括超导磁体线圈和相关的结构或形态,例如支架、壳体以及冷却装置和/或介质。超导磁体组件 120 为 MRI 系统 100 提供主磁场,并且被容纳在低温恒温器组件 110 的内部限定的室里。为了适当的操作,超导磁体的线圈必须被保持在低温,例如大约 4K。例如,液氮可以被提供并维持在低温恒温器组件 110 内以便将超导磁体线圈维持在所希望的温度或低于所希望的温度。然而,如果超导磁体组件 120 被加热超过所希望的温度,则超导磁体组件将无法有效率地起作用,由超导磁体组件 120 产生的磁场将减小,图像质量将被不利地影响。此外,如果温度充分上升,则液氮可开始沸腾,并且作为潜在危

险的情况,超导磁体组件可以失超。

[0055] 图示的实施例中的梯度线圈组件 130 包括一系列梯度线圈 132、134 和 136。梯度线圈组件被配置成提供脉冲调制磁场。梯度线圈组件被布置在低温恒温器组件 110 的径向内部,并且在被成像的对象 140 的径向外侧。在图示的实施例中,梯度线圈组件不具有用于接受或安装匀场片的结构,这在各种实施例中提供允许更紧凑的梯度线圈组件。在图示的实施例中,梯度线圈 130 还具有沿着轴向 106 的长度,该长度小于低温恒温器组件 110 和超导磁体组件 120 的沿着轴向 106 的长度。例如,梯度线圈 130 可以是大小合适的以便提供梯度磁场用于人体解剖结构的一部分、例如头部,而低温恒温器组件沿着轴向 106 的长度可以是大约 1.5 米。各种实施例提供了不具有匀场片托盘的梯度线圈组件,从而相对于包括放置在梯度线圈之间的匀场片托盘的系统提供改进的安装(例如,改进的进入和 / 或改进的安装稳定性)和 / 或改进的匀场片托盘热管理。

[0056] 图 3 是按照各种实施例形成的热腔筒 300 的透视图。热腔筒 300 包括外壁 302、内壁 304 以及支架 306。支架 306 连接外壁 302 和内壁 304 并且将外壁 302 和内壁 304 维持在所希望的空间 314。开口 308 被限定在支架 306 之间。

[0057] 外壁 302,例如,在某些方面可类似于上述的外壁 150。当热腔筒 300 被连接到低温恒温器组件时,外壁 302 被布置在热腔筒 300 的径向外侧并且被定位在或靠近低温恒温器组件(例如类似于低温恒温器组件 110 的低温恒温器组件)的内部外表边界。在一些实施例中,外壁 302 形成低温恒温器组件的一部分并且限定低温恒温器径向在内(或内部)外表部分。例如,外壁 302 的外表面 301 可被布置在由低温恒温器组件限定的室内部(在一些实施例中,绝缘层可被安装到外表面 301)并且外壁 302 的内表面 303 可被布置在室的容积外部。可选择外壁的厚度以便提供所希望的结构刚性并且提供所希望的能力以便耗散由与热腔筒 300 被配置用于的系统相关联的梯度线圈产生的磁场。在图示的实施例中,外壁 302 由传导材料形成,诸如,例如铜或铝。

[0058] 内壁 304,例如,在某些方面可与上述的内壁 152 类似。内壁 304 被布置在外壁 302 的径向内部。内壁 304 被连接到外壁 302 并且通过支架 306 维持与外壁 302 的所希望的空间。可选择内壁 304 的厚度(结合外壁 302 的厚度)以便提供所希望的结构刚性并且提供所希望的能力以便耗散由与热腔筒 300 被配置用于的系统相关联的梯度线圈产生的磁场。例如,选择内壁 304 和外壁 302 的组合厚度以便基于用于内壁 304 和外壁 302 的材料或多种材料提供由热腔筒 300 被配置用于的系统的梯度线圈创造的场的足够的耗散(以及超导磁体组件的屏蔽)。例如,可确定所需的趋肤深度(skin depth),或充分耗散预期的梯度磁场(或乘以安全系数的预期的梯度磁场)所需的总厚度,并且选择内壁 304 和外壁 302 的组合厚度以便与所希望的趋肤深度相对应。

[0059] 在各种实施例中,则可基于内壁 304 和外壁 302 的材料或多种材料和厚度以及所希望的结构性质例如力矩,来选择内壁 304 和外壁 302 之间的间隔,以便基于热腔筒被配置用于的系统的其他特征,例如系统的各种磁体的位置和强度,充分地最小化热腔筒 300 的任何振动。在图示的实施例中,内壁 304 由传导材料形成,诸如,例如铜或铝。在一些实施例中,外壁 302 的厚度可以是大约 3-6 毫米,内壁 304 的厚度可以是大于 3-6 毫米,并且内壁 304 可以在外壁 302 的径向内部间隔大约 6-12 毫米。

[0060] 支架 306 连结或连接内壁 304 和外壁 302 并在内壁 304 和外壁 302 之间维持所希

望的距离。支架 306 限定被布置在相邻支架 306 之间的开口 308。可以选择与内壁 304 和外壁 302 之间的距离相对应的支架 306 的高度以便维持由热腔筒 300 被配置用于的 MRI 系统引起的预期振动低于所希望的水平。在一些实施例中,还可以选择支架 306 的高度以便提供足够的间隔用于到开口 308 中的匀场片托盘的插入或移除。在一些实施例中,支架 306 由和内壁 304 和外壁 302 中的一个或多个的相同材料制成。在其他实施例中,支架 306 由不同材料制成。例如,在一些实施例中,支架 306 由非传导材料制成。在各种实施例中,给定的一个或多个支架 306 可以与外壁 302 和内壁 304 中的一个或两个的全部或部分被整体地形成。在其他实施例中,给定的一个或多个支架 306 可以与外壁 302 和内壁 304 中的一个或两个分别地形成,然后例如作为层叠材料或复合材料组件被连接。

[0061] 在图示的实施例中,支架 306 在截面中被描绘为大致矩形的。在备选的实施例中,可以使用其他截面形状。例如,可以使用“X”形的支架。在图示的实施例中,支架围绕热腔筒 300 的周围大致均匀分布并且开口 308 是大致均一的尺寸。在其他实施例中,支架 306 可以围绕热腔筒 300 的周围非均匀分布并且开口 308 可以具有不均一的尺寸。

[0062] 在图示的实施例中,开口 308 位于支架 306 之间。每个开口 308 以相邻支架 306 在环向或横向为界、以内壁 304 在径向内部为界、并且以外壁 302 的内表面 303 在径向外部为界。在一些实施例中,开口 308 的一个或多个被配置成接受匀场片托盘用于主磁场的调整。开口 308 例如可包括被配置成接受匀场片托盘的机械加工的表面,并且可包括对准、闭锁、定位、锁定和 / 或固定特征以便帮助定位和 / 或固定匀场片托盘在适当的位置。

[0063] 在图示的实施例中,支架 306 的一些包括冷却剂开口 310。在一些实施例中,每个支架可包括一个或多个冷却剂开口,而在其他实施例中,没有支架可包括冷却剂开口,而在其他实施例中,一些支架可以包括冷却剂开口而其他支架不包括冷却剂开口。图示的实施例中的冷却剂开口 310 沿着热腔筒 300 的整个长度轴向延伸。例如,冷却剂可以被引入热腔筒 300 的一端并且通过热腔筒 300 的相反端被移除。在备选的实施例中,冷却剂开口可以不沿着整个长度延伸,用于冷却剂的发送和返回路线在热腔筒 300 的相同端具有开口。

[0064] 冷却剂开口 310 被配置成允许冷却剂、例如水的通过的通路,以便从热腔筒 300 和 / 或可定位在支架 306 之间限定的开口 308 中的匀场片移除热量。例如,由于铁匀场片暴露于脉冲调制的梯度场,铁匀场片可发热,并且热量可以足够影响铁匀场片的性能,从而减小铁匀场片校正定位匀场片以便抵抗的任何不均匀性的能力。冷却剂可以通过冷却剂开口 310 被传递以便移除热能并使铁匀场片返回到最佳性能所希望的温度或更接近所希望的温度。

[0065] 在图示的实施例中,热腔筒 300 由连接到一起的一系列片段 312 形成。在图示的实施例中,片段 312 是具有截断的环形截面的弓形片段,并且围绕热腔筒 300 的周围定位,每个片段 312 例如通过焊接连接到相邻片段 312。在图示的实施例中,跨周围的均匀宽度的 12 个片段 312 用于形成热腔筒。在备选的实施例中,可以使用其他数量的片段。此外或备选地,可以使用具有不同或不均匀宽度的片段。

[0066] 在图示的实施例中,支架 306 中的一些被完全包含在给定的片段 312 内,而其他的支架在相邻片段 312 之间被共享并且接近相邻片段 312 的边界被形成。例如,第一片段的端壁可连接到邻近第一片段的第二片段的对应的端壁。当两个端壁连接时,可以合作以形成支架 306。在图示的实施例中,片段 312 例如通过挤压被各自整体地形成,然后连接片段

312 以形成热膛筒 300。

[0067] 图 3 中描绘的实施例只是意图作为说明性的,因为按照各种实施例,其他构造或形成技术可用于形成热膛筒。例如,片段可各自由两件或更多件制成。例如,片段可由多件层叠或制造。此外,在一些实施例中,热膛筒 300 可作为挤压形成。在另外的实施例中,热膛筒可包括轴向片段,热膛筒 300 的轴向长度或弓形片段的轴向长度首先形成,然后随后被连接以形成热膛筒。在一些实施例中,可提供内筒、定位于外筒内,然后用支架连接内筒和外筒。作为又一个示例,部分可以从加工件被切削掉或以其他方式被移除以便形成内壁和外壁之间的开口和支架。

[0068] 图 4 是按照各种实施例形成的片段 400 的端视图。片段 400 可以和多个其他片段连接以便形成热膛筒,例如,类似于上述内筒 114 和 / 或热膛筒 300。在图示的实施例中,片段 400 具有大致均匀的截面,截面是大致弓形的和环形的,对应于筒周的一部分。片段 400 包括片段外壁 402、片段内壁 404、支架 406 以及端壁 408。支架 406 在片段外壁 402 和片段内壁 404 之间径向延伸并且连接和 / 或隔开片段外壁 402 和片段内壁 404。端壁 408 限定了片段 400 的横向(例如,沿着周围)端。在图示的实施例中,片段 400 由单个加工件整体形成,例如通过挤压过程,但是其他技术可用于其他实施例中。片段 400 可整体形成或可由多件或作为层叠组件构造。

[0069] 在图示的实施例中,片段 400 对向大约 60 度的角度 401,使得 6 个片段 400 用于构造热膛筒。在其他实施例中,片段可对向不同的角度并且具有用于制造热膛筒的不同数量的片段。例如,在一些实施例中,各自对向大约 90 度的 4 个片段可以被连接,或作为另一个示例,在一些实施例中,各自对向大约 30 度的 12 个片段可被连接以便形成热膛筒。此外,在图示的实施例中,片段对向大致均一的角度;然而,在其他实施例中,不同片段所对向的角度可在两个或更多片段之间变化。在图示的实施例中,片段通常是轴向连续的,然而,在其他实施例中的每个片段可由分别形成的轴向部分组成然后被连接。

[0070] 片段外壁 402 与片段 400 所连接到的其他片段的片段外壁合作以便形成热膛筒的外壁(例如,举例来说,热膛筒 300 的外壁 302)。片段内壁 404 与片段 400 所连接到的其他片段的片段内壁合作以便形成热膛筒的内壁(例如,举例来说,热膛筒 300 的内壁 304)。

[0071] 片段外壁 402 具有厚度 416 并且片段内壁 404 具有厚度 418。在各种实施例中,厚度 416 和厚度 418 实质上是相同的。在其他实施例中,厚度 416 和厚度 418 可以互不相同。可选择厚度 416 和厚度 418 使得基于所使用的材料,厚度 416、418 足够由片段 400(或包括片段 400 的热膛筒)中产生的涡流来耗散脉冲调制磁场的所希望量。然后可以选择片段外壁 402 和片段内壁 404 之间的距离 420,以便维持起因于脉冲调制磁场的热膛筒振动低于所希望的水平。例如,在一些实施例中,厚度 416 在大约 3 到 6 毫米之间,厚度 418 在大约 3 到 6 毫米之间,以及距离 420 在大约 6 到 12 毫米之间。

[0072] 在图示的实施例中,片段 400 的端壁 408 被配置成与端壁 408 所连接到的相邻片段 400 的对应的端壁合作以便形成支架。片段 400 的所述支架 406 被完全包含于片段 400 内。因此,支架 406 对于片段可以是唯一的或由端壁 408 形成的支架可在相邻片段之间共享。

[0073] 支架 406 限定被布置于相邻支架 406 之间以及被布置于给定的支架 406 和相邻端壁 408 之间的开口 410。支架 406 的高度对应于距离 420。在各种实施例中,支架的高度(例

如,距离 420) 以及支架之间的横向(例如,环向)间隔还可以是大小合适的以便允许所希望数量的匀场片被堆在插入开口 410 的匀场片托盘上。此外,一个或多个开口可限定被配置成接受匀场片托盘的匀场片托盘表面 430。例如,匀场片托盘表面 430 可以是大小合适以便接受匀场片托盘的机械加工的平面或凹面。匀场片托盘表面 430 可包括被配置成与匀场片托盘宽度相对应并且当匀场片托盘被轴向插入开口 410 时帮助将匀场片托盘引导或维持在所希望的方位的轨道或侧边。此外,匀场片托盘表面 430 (或接近匀场片托盘表面 430 的片段 400 的一部分)可包括保留、锁定和 / 或闭锁特征以便可释放地固定匀场片托盘在适当位置。

[0074] 支架 406 包括沿着支架 406 长度的至少一部分轴向延伸的冷却剂开口 412。冷却剂开口 412 被配置成提供冷却剂流动通路以便提供热腔筒温度和 / 或定位在开口 410 中的匀场片托盘中的匀场片的匀场片温度的改进的热控制。

[0075] 片段 400 的一个端壁 408 包括凹口 414,而相对的端壁 408 包括凸出部 415。凸出部 415 被配置成由相邻片段 400 的凹口 414 接受。当片段 400 被连接时,相邻片段 400 的凸出部 415 和凹口 414 帮助对准并维持片段 400 在适当的位置。在图示的实施例中,端壁 408 还包括倒角 417。倒角 417 定位在片段 400 的外部角落上并且被配置成协助连接相邻片段 400。例如,在一些实施例中,相邻片段 400 的倒角 417 可合作以便为焊接材料的沉积提供体积。例如,在一些实施例中,相邻片段 400 可以用实质上沿着相邻片段 400 的全长延伸的焊接连接到一起。在备选的实施例中,可以使用用于连接片段的其他技术。

[0076] 在图示的实施例中,片段 400 由单个加工件整体地形成。例如,片段 400 可通过挤压形成。在其他实施例中,片段 400 可通过不同方法构造。例如,片段 400 可由被焊接到一起或以其他方式连接的多件制造。按照各种实施例,热腔筒可由环向和 / 或轴向连接的片段形成。各种实施例中的片段 400 的部分(例如,片段外壁 402、片段内壁 404、支架 406、端壁 408)可由相同材料组成,并且在其他实施例中,片段 400 的部分可由与一个或多个其他部分不同材料组成。

[0077] 图 5 是匀场片托盘组件 500 的端视图,以及图 6 是托盘匀场片组件 500 的平面图。在图 5 中,匀场片被示出在匀场片托盘中的适当位置,而在图 6 中匀场片被移除。匀场片托盘组件 500 包括被配置成接受多个匀场片 530 的匀场片托盘 502。匀场片托盘组件 500 被配置成被热腔筒开口接受并且在热腔筒的开口内可移除地固定,诸如,例如,在热腔筒 300 的支架 306 之间延伸的开口 308。例如,匀场片托盘 502 可以沿着轴向被插入热腔筒 300 的开口 308 最终希望的位置,然后例如通过插销或紧固件(未示出)被固定在适当的位置。例如,如果希望或需要进一步调整匀场片配置,插销或紧固件可被移动或移除以便允许移除匀场片托盘 500。在一些实施例中,多个匀场片托盘组件 500 被布置于围绕热腔筒的周围,其中热腔筒的每个开口接受匀场片托盘组件 500。因此,匀场片托盘配置可描绘出在围绕筒周以及沿着筒长度的位置中的匀场片,其中在每个位置具有可变数量的匀场片。

[0078] 匀场片托盘 502 包括通过侧边 506 和基底 508 限定的通道 504。侧边 506 被隔开以便在其中接受匀场片 530,并且通道 504 具有足够的深度以便接受多个匀场片 530。例如,用于匀场片 530 的每个安装位置可以是大小合适的以便接受最多 5 个匀场片 530。在这样的实施例中,在任何给定的匀场片安装位置 510 可放置 0 到 5 个匀场片 530。基底 508 的底部包括安装表面 516。安装表面 516 被配置成与热腔筒中的开口的对应表面、例如片段 400

的表面 430 合作,以便将匀场片托盘 502 定位在适当位置。例如,安装表面 516 可包括大小合适并且被配置成由热腔筒中的机械加工的容槽滑动接受的机械加工表面,当匀场片托盘 502 被轴向推进到热腔筒中时,该机械加工的容槽起作用以便引导匀场片托盘 502。锁定或闭锁机制(未示出)可用于将匀场片托盘 502 固定在适当位置。

[0079] 如图 6 中最佳可见的,匀场片托盘 502 包括沿着通道 504 长度的安装位置 510。安装位置 510 包括接受紧固件 512(见图 5)的对应安装孔 514。例如,紧固件 512 可包括穿过匀场片 530 的安装孔的有螺纹的紧固件并且由通道 504 中的有螺纹的安装孔 514 接受。紧固件 512 例如可以有足够长度以便穿过多个匀场片 530。例如,紧固件 512 可以有足够的长度以便穿过 5 个匀场片 530。在图示的实施例中,安装位置 510 大小均一并且沿着通道 504 的长度均匀分布。在备选的实施例中,安装位置可以其他方式配置。

[0080] 匀场片 530 包括与匀场片托盘 502 的安装孔 514 相对应的安装孔 532 并且被配置成接受上述紧固件 512。匀场片 530 可以布置为不同高度的堆并且固定到匀场片托盘 502 的安装位置 510 以便顾及磁场的调制。为每个安装位置改变每个匀场片堆的高度(例如,在任何给定的安装位置的匀场片的数量)顾及沿着 MRI 系统的轴向长度的可调整性,而提供沿着热腔筒周围的多个匀场片托盘也提供环向的调整。例如,可以在没有匀场片在适当的位置的情况下激励主磁场并且分析不均匀性。基于所识别的不均匀性,例如经由适当编程的处理器可确定校正的匀场片模式。匀场片模式可指定在每个安装位置的匀场片数量,其中通过沿着长度的轴向位置以及环向的位置(例如,与时钟的时间位置类似)识别每个安装位置。引起的场则可被测试任何不均匀性,并且确定新的匀场片配置。可以迭代的方式遵循该过程直到场足够均匀为止。

[0081] 本文中所述的组件和方法的各种实施例可被提供作为例如图 7 所示的成像系统 710 的医疗成像系统的一部分或与其一起使用。应该意识到虽然成像系统 710 作为单模态成像系统示出,但在多模态成像系统中或和多模态成像系统一起可实现各种实施例。例如,成像系统 710 作为 MRI 成像系统示出并且可与不同类型的医疗成像系统组合,例如计算断层照相(CT)、正电子发射 X 射线层析照相(PET)、单光子发射计算机断层照相(SPECT)、以及超声波系统或能够产生特别是人的图像的任何其他系统。此外,各种实施例不限于用于对人类对象成像的医疗成像系统,而是可包括用于对非人类对象、行李等成像的兽医或非医疗系统。

[0082] 在示范性的实施例中,成像系统 710 包括包括超导磁体 712 的超导磁体组件 711。超导磁体 712 由在磁体线圈支撑结构上支撑的多个磁线圈组成。在一个实施例中,超导磁体组件 711 还可包括热屏蔽 713。氦容器 714 包围超导磁体 712,并且热屏蔽 713 包围氦容器 714。外真空容器包围热屏蔽 713。上述外真空容器、氦容器 714 以及热屏蔽 713 共同形成低温恒温器 717。如上所述,热腔筒被定位接近低温恒温器 717 的内部外表部分,例如形成外真空容器的一部分或包围外真空容器的位于径向内部的一部分。热腔筒还可以被配置成接受上述匀场片托盘。在操作中,容器 714 充满液氦以便冷却超导磁体 712 的线圈。可在氦容器 714 和外真空容器之间的空间中提供绝热(未示出)。成像系统 710 还包括主梯度线圈 718、屏蔽梯度线圈 719 以及 RF 传送线圈 720。成像系统 710 一般还包括控制器 730、主磁场控制 732、梯度场控制 734、存储器 736、显示器装置 738、传送-接收(T-R)转换开关 740、RF 传送器 742 和接收器 744。



[0083] 在操作中,待成像的仿真模型或例如患者(未示出)的对象的物体,被放置在膛 746 中的合适的支撑上,例如,机动的工作台或其他患者手术台。超导磁体 712 产生穿过膛 746 的均匀和静态的主磁场  $B_0$ 。膛 746 中和对应的患者中的电磁场强度经由主磁场控制 732 通过控制器 730 来控制,控制器 730 还控制到超导磁体 712 的激励电流的供应。

[0084] 提供了可包括一个或多个梯度线圈元件的主梯度线圈 718 使得磁梯度可以在三个正交方向  $x$ 、 $y$  和  $z$  中的任何一个或多个被加于膛 746 中的磁场  $B_0$ 。主梯度线圈 718 通过梯度场控制器 734 来激励并且还通过控制器 730 来控制。

[0085] 可包括多个线圈(例如,共振表面线圈)的 RF 传送线圈 720,被布置以便传送磁脉冲和 / 或如果也提供接收线圈元件则任选地同时检测来自患者的 MR 信号。如果提供 RF 传送线圈 720 和接收表面线圈,则通过 T-R 转换开关 740 可以可选择地分别互连到 RF 传送器 742 或接收器 744 中的一个。RF 传送器 742 和 T-R 转换开关 740 通过控制器 730 来控制,使得 RF 场脉冲或信号通过 RF 传送器 742 产生并且选择性地施加到患者用于患者中的磁共振激励。

[0086] 跟随 RF 脉冲的施加,T-R 转换开关 740 又被驱动以便从 RF 传送器 742 将 RF 传送线圈 720 去耦合。检测到的 MR 信号又被传达到控制器 730。控制器 730 包括控制 MR 信号的处理以便产生表示患者的图像信号的处理单元 748。表示图像的经处理的信号还被传送到显示器装置 738 以便提供图像的视觉显示。具体地,MR 信号填充或形成被傅立叶变换的  $k$ -空间以便获得看得见的图像。表示图像的经处理的信号则被传送到显示器装置 738。

[0087] 在操作期间,当主梯度线圈 718 被电脉冲调制,在包围主梯度线圈 718 的任何导电筒中的所引起的时变磁通量感应产生涡流。这些涡流又可产生它们自己的磁场,这些磁场在空间和时间上降低所希望的梯度场的质量。因此,在示范性的实施例中,成像系统 710 还可包括梯度屏蔽线圈 713 以便补偿脉冲序列。梯度屏蔽线圈 713 建立抵消在屏蔽线圈 713 外的区域中由主梯度线圈 718 产生的场的场,从而减小与例如热屏蔽的传导构件的任何互感,并且减小结果的涡流。

[0088] 图 8 是用于装配超导磁体组件的方法 800 的流程图。方法 800,例如,可使用上述各种实施例的结构或方面。在各种实施例中,可省略或增加某些步骤,可组合某些步骤,可同时或并行执行某些步骤,可将某些步骤分割成多个步骤,可按不同顺序执行某些步骤,或可以迭代的方式再执行某些步骤或某系列的步骤。

[0089] 在 802,提供了外筒。外筒是大小合适并且被配置成提供低温恒温器的径向外部的外表部分。在一些实施例中,外筒是薄壁的密实筒。外筒还可包括用于被配置成维持低温的容器(例如被配置成容纳液氦的容器)的安装位置或结构或支撑结构。

[0090] 在 804,提供了内筒片段。内筒片段可被配置成环向和 / 或轴向连接以便形成热膛筒。内筒片段,例如,可包括对向大致均一角度的弓形片段。例如,可提供各自对向大约 60 度的 6 个片段。每个片段可包括由一个或多个支架和 / 或端壁分隔的片段外壁和片段内壁。例如,每个片段可例如通过挤压由单个加工件整体形成。在其他实施例中,可例如通过焊接来连接片段外壁、片段内壁以及一个或多个支架以便形成片段。支架限定布置于支架之间的开口。在一些实施例中,开口是大小合适的并且被配置成接受匀场片托盘。

[0091] 在 806,连接片段以便形成内筒或热膛筒。内筒是大小合适的并且被配置成顾及梯度线圈、RF 线圈以及被布置于内筒的径向内部的待扫描的对象(例如,患者或患者的一部

分)的放置。片段可被相互邻近定位以便限定筒,并沿着片段的轴向长度的全部或一部分通过焊接连接。此外,片段或筒可在轴向上相互邻近定位并且连接以便形成更长的片段或筒。在备选的实施例中,热膛筒可以不通过连接上述的片段形成。例如,大致筒形的内壁可被定位在大致筒形的外壁内,支架置于其间,以及组件例如通过焊接被连接。在其他实施例中,内壁、外壁以及梁可由其他方式、例如通过挤压整体形成。

[0092] 在 808,提供了超导磁体组件。超导磁体可包括超导线圈连同用于超导磁体适当运行的各种硬件和结构。超导磁体组件定位在外筒的径向内部,内筒组件定位在超导磁体组件的径向内部。

[0093] 在 810,提供了端盖。例如,端盖可限定大致环形的形状。端盖被配置成与外筒和内筒合作以便限定大致环形的室用于容纳超导磁体组件。在一些实施例中,端盖实质上是类似的,而在其他实施例中端盖被配置成互不相同。在一些实施例中,至少一个端盖被配置以便在轴向上允许进入被置于内筒的支架之间的开口。

[0094] 在 812,超导磁体组件被径向地置于内筒和外筒之间,端盖被定位以便限定低温恒温器的轴向边界并且与内筒和外筒连接以便形成低温恒温器。例如,端盖可被焊接到内筒和外筒。

[0095] 在 814,超导磁体组件被激活并且操作以便在由超导磁体组件提供的磁场中确定或识别不均匀性。在 816,确定由超导磁体提供的场对于所希望的应用是否足够均匀。如果场足够均匀,则方法 800 可在 818 结束。如果场不够均匀,则方法可以进行到 820。

[0096] 在 820,确定匀场片配置。例如,处理器可利用适当的计算机程序以便分析由超导磁体组件产生的场的不均匀性并且识别匀场片的放置以便说明不均匀性并且提供更均匀的产生的场。匀场片可以例如通过量(例如,被堆在给定位置的匀场片的数量)、以及轴向位置(例如,沿着低温恒温器的长度)以及周围的位置(例如,通过例如与水平线的参考角度的围绕周围的位置而指定的热膛筒中的开口的识别)来指定。

[0097] 在 822,按照先前确定的匀场片配置,匀场片被定位在匀场片托盘中,并且然后匀场片托盘沿着轴向被插入热膛筒开口。在各种实施例中,在支架之间形成的热膛筒的每个开口接受一个匀场片托盘。在匀场片在适当的位置的情况下,方法可返回 814,其中现在具有最新定位的匀场片配置来操作磁体组件以便确定磁场中任何引起的不均匀性,其中匀场片配置在适当的位置。如前面,如果场足够均匀,则方法 800 可在 818 结束。如果场不足够均匀,则具有新的匀场片配置的方法可进行到 820 以便修改先前确定的匀场片配置。

[0098] 将理解的是以上描述意图是说明性的而不是限制性的。例如,上述实施例(和/或其中的方面)可互相组合地使用。此外,可以做很多的修改以便使特定的情况或材料适应各种实施例的教导而不背离它们的范围。虽然本文中描述的材料尺寸和类型意图限定各种实施例的参数,它们决不是限制性的而仅仅是示范性的。当检查以上描述时,对于本领域技术人员许多其他实施例将是显而易见的。因此,应该参考所附的权利要求和这些权利要求赋予的同等物的全部范围来确定各种实施例的范围。在所附的权利要求中,术语“包含”和“其中”被用作通俗易懂的话分别等同于术语“包括”和“其中”。此外,在随附的权利要求中,术语“第一”、“第二”和“第三”等仅仅用作标签,并且不意图将数字要求强加于它们的对象。此外,随附权利要求的限制不是以手段加功能的形式书写并且不意图基于 35U.S.C § 112 第六段被理解,除非并且直到这样的权利要求限制清楚地使用短语“用于……的手段”而后面没有另外的结构的功能陈述。

[0099] 本书面描述使用示例来公开各种实施例,并且还使得任何本领域技术人员能够实践各种实施例,包括制作和使用任何装置或系统并执行任何合并的方法。各种实施例的可取得专利的范围通过权利要求限定,并且可包括本领域技术人员想到的其他示例。如果示例具有与权利要求的字面语言没有不同的结构要素,或者示例包括具有与权利要求的字面语言没有实质差别的等效的结构要素,这样的其他示例意图是在权利要求的范围内。

[0100] 附图标记说明

100	系统	420	距离
102	外径	430	匀场片托盘表面
104	内径	500	匀场片托盘组件
106	轴向	502	匀场片托盘
108	长度	504	通道
110	低温恒温器组件	506	侧边
112	外筒	508	基底
114	内筒	510	匀场片安装位置
116	端盖	512	紧固件
117	内边缘	514	安装孔
118	外边缘	516	安装表面
120	超导磁体组件	530	匀场片
130	梯度线圈组件	532	安装孔
132	梯度线圈	710	成像系统
134	梯度线圈	711	超导磁体组件
136	梯度线圈	712	超导磁体
140	对象	713	屏蔽线圈
150	外壁	714	容器
152	内壁	717	低温恒温器
154	支架	718	梯度线圈
156	开口	719	屏蔽梯度线圈
300	热腔筒	720	RF 传送线圈
301	外表面	730	控制器
302	外壁	732	磁场控制
303	内表面	734	梯度场控制
304	内壁	736	存储器
306	支架	738	显示器装置
308	开口	740	T-R 转换开关
310	冷却剂开口	742	RF 传送器
312	片段	744	接收器
314	希望的间隔	746	腔
400	片段	748	处理器
401	角度	800	系统
402	外壁	802	提供外筒
404	内壁	804	提供内筒片段
406	支架	806	连接片段以便形成内筒
408	端壁	808	提供超导磁体组件
410	开口	810	提供端盖
412	冷却剂开口	812	用内筒和外筒连接端盖
414	凹口	814	操作以便找到不均匀性
415	凸出部	816	均匀
416	厚度	818	结束
417	倒角	820	确定匀场片托盘配置
418	厚度	822	放置匀场片托盘

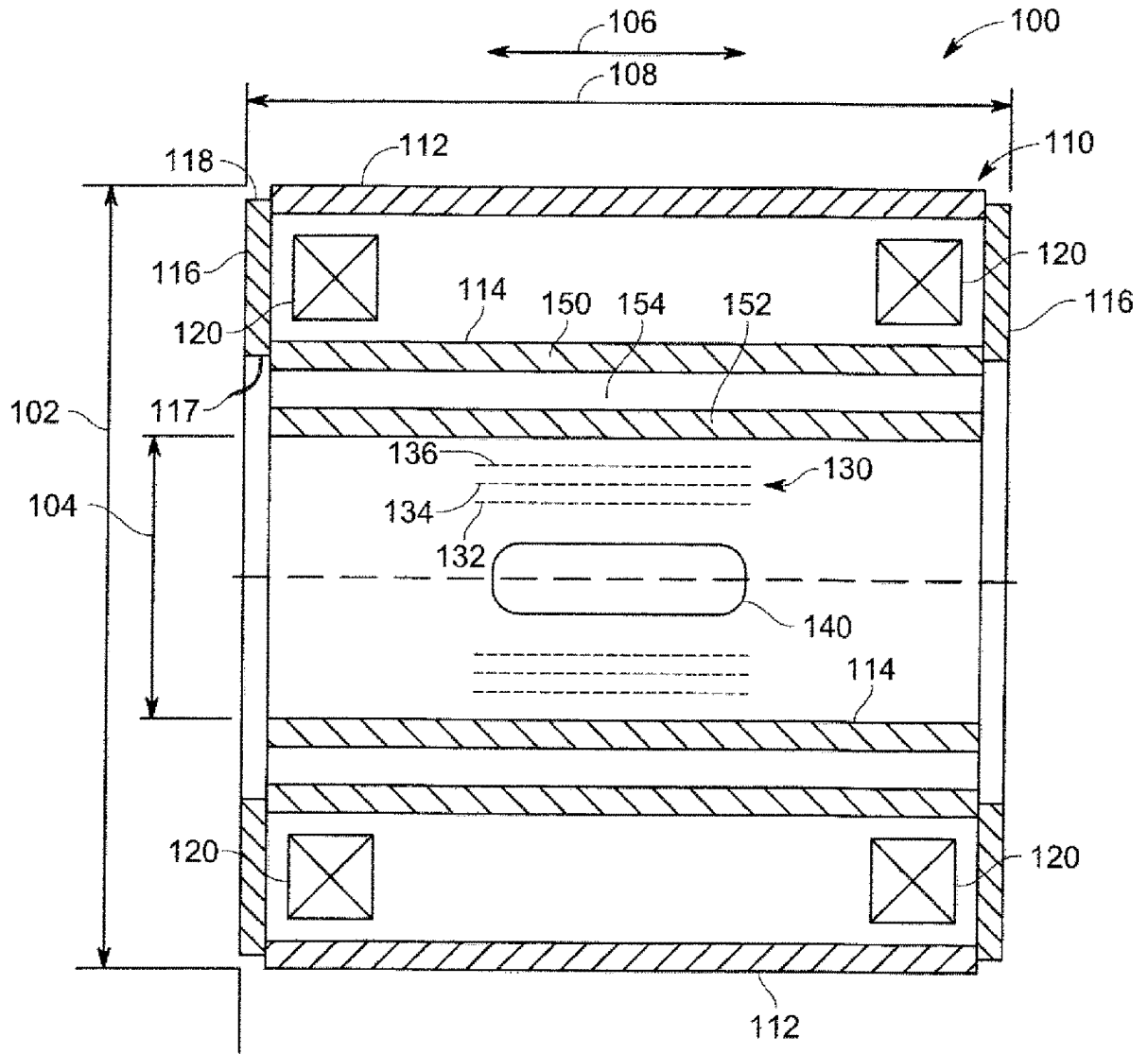


图 1

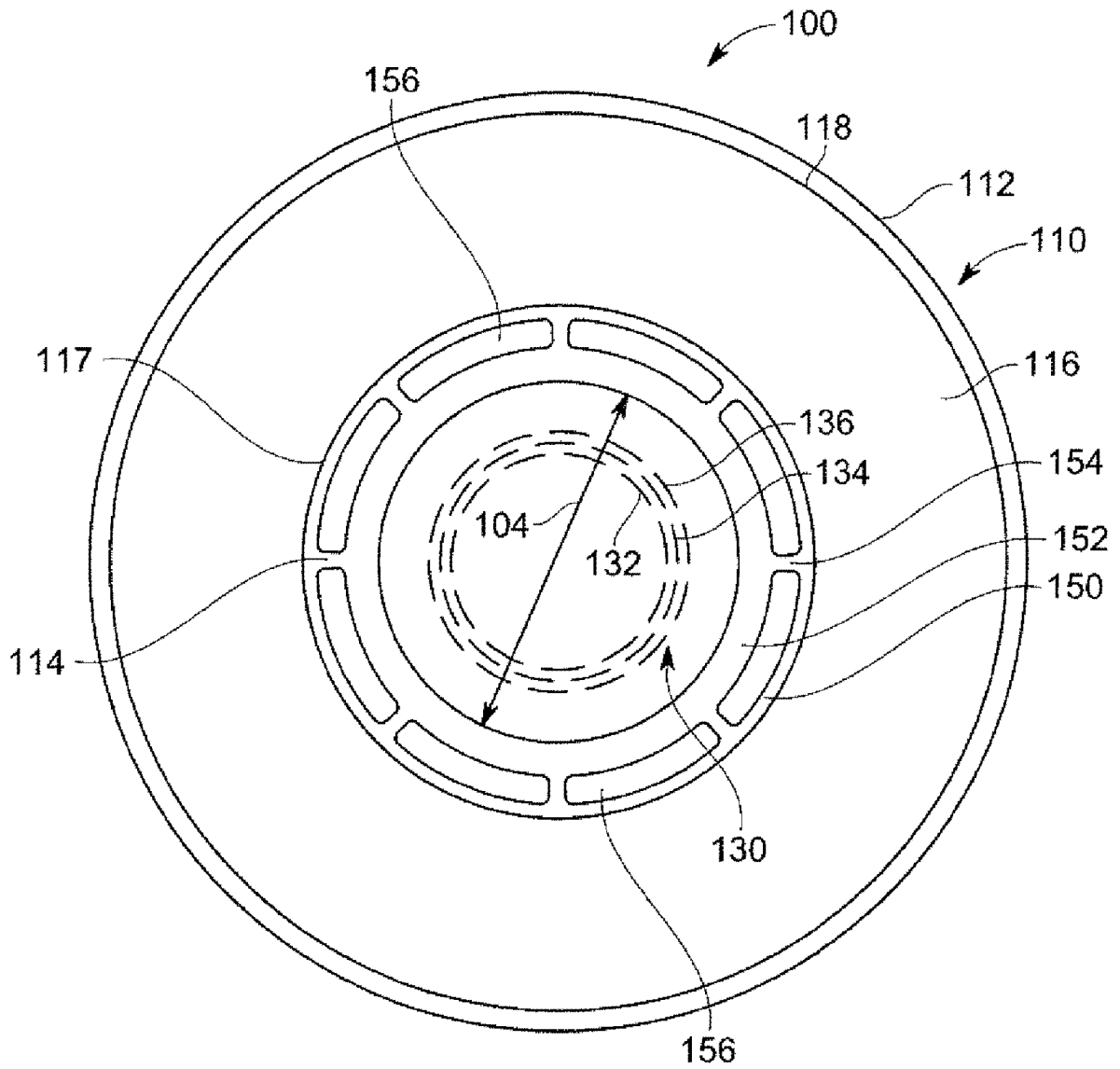


图 2

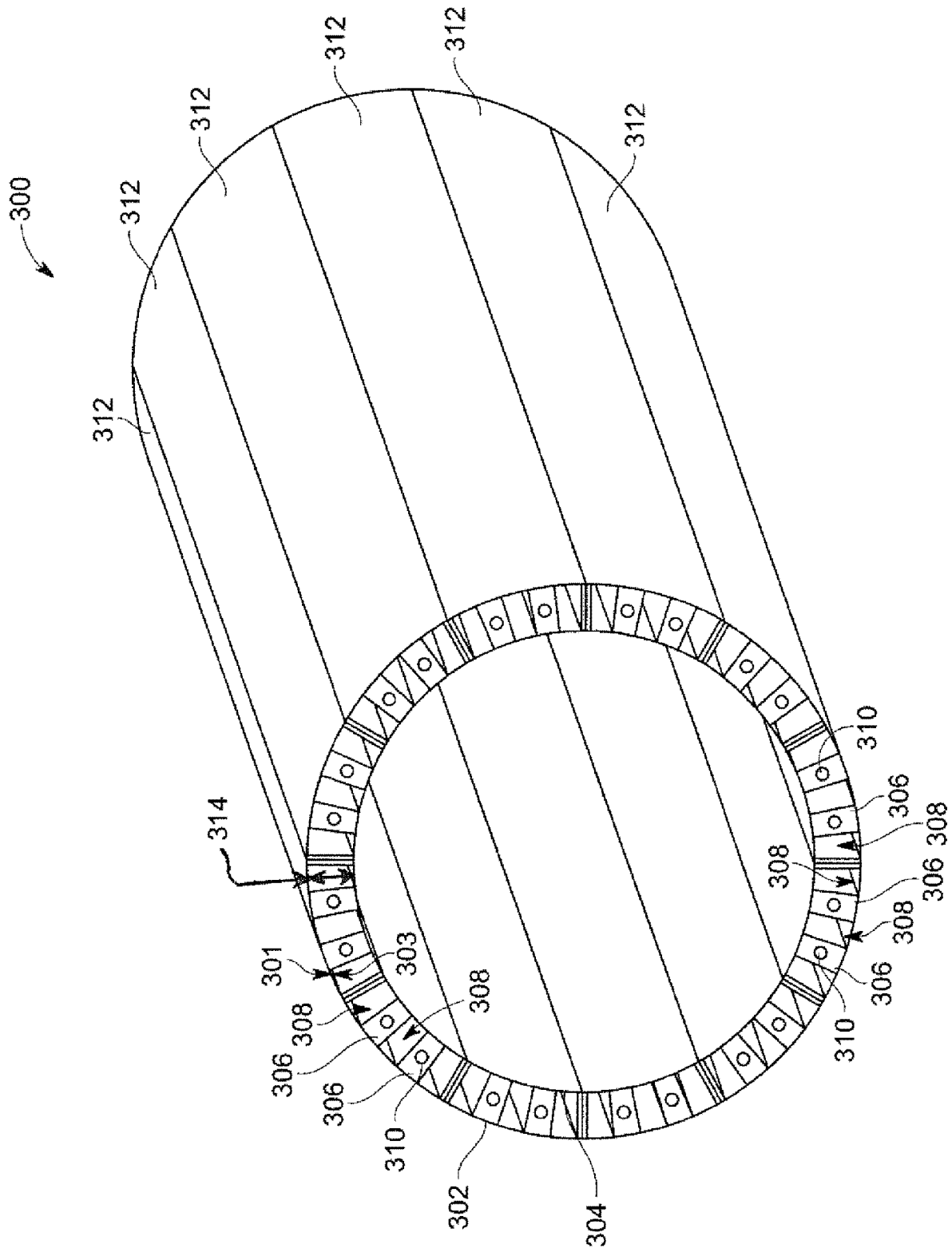


图 3

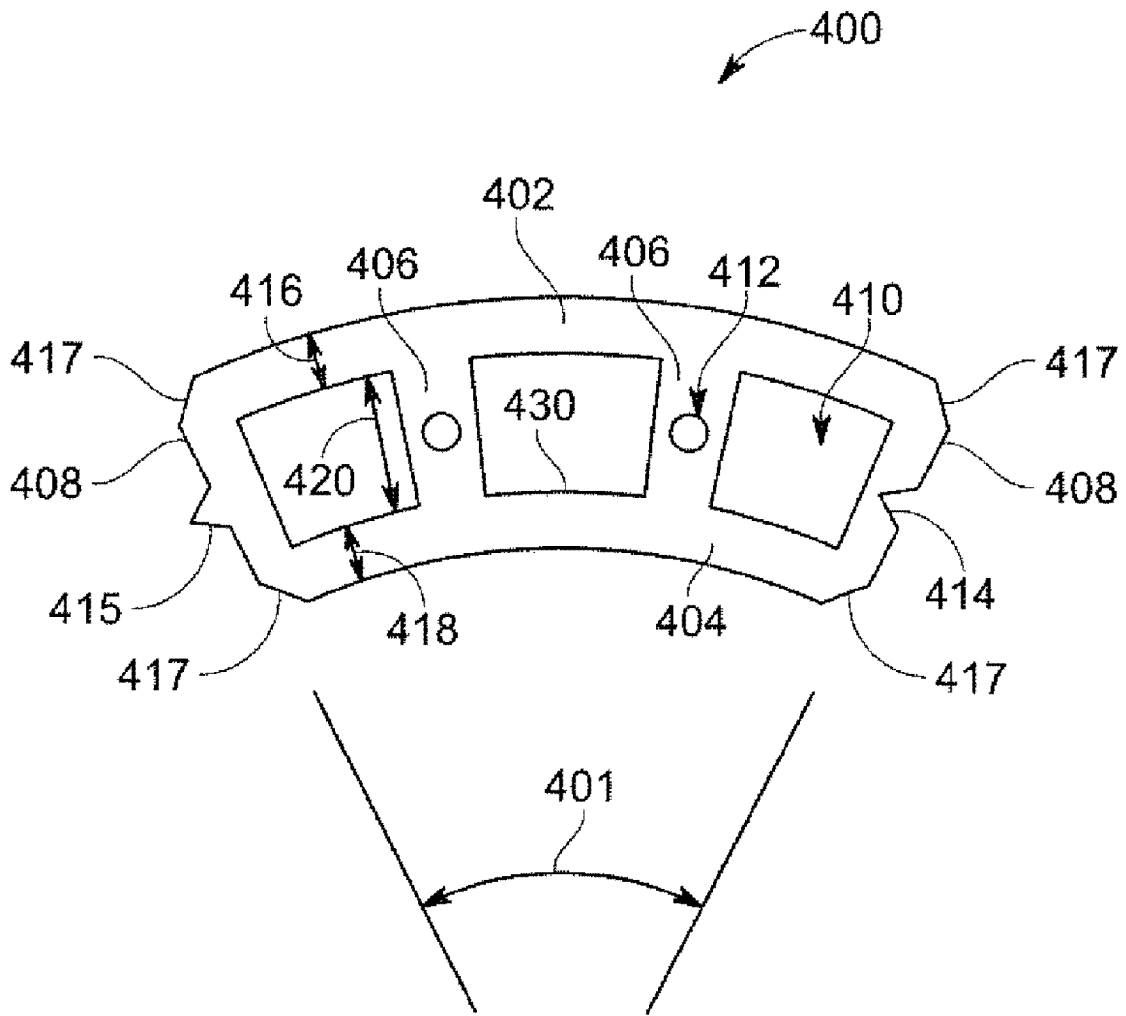


图 4

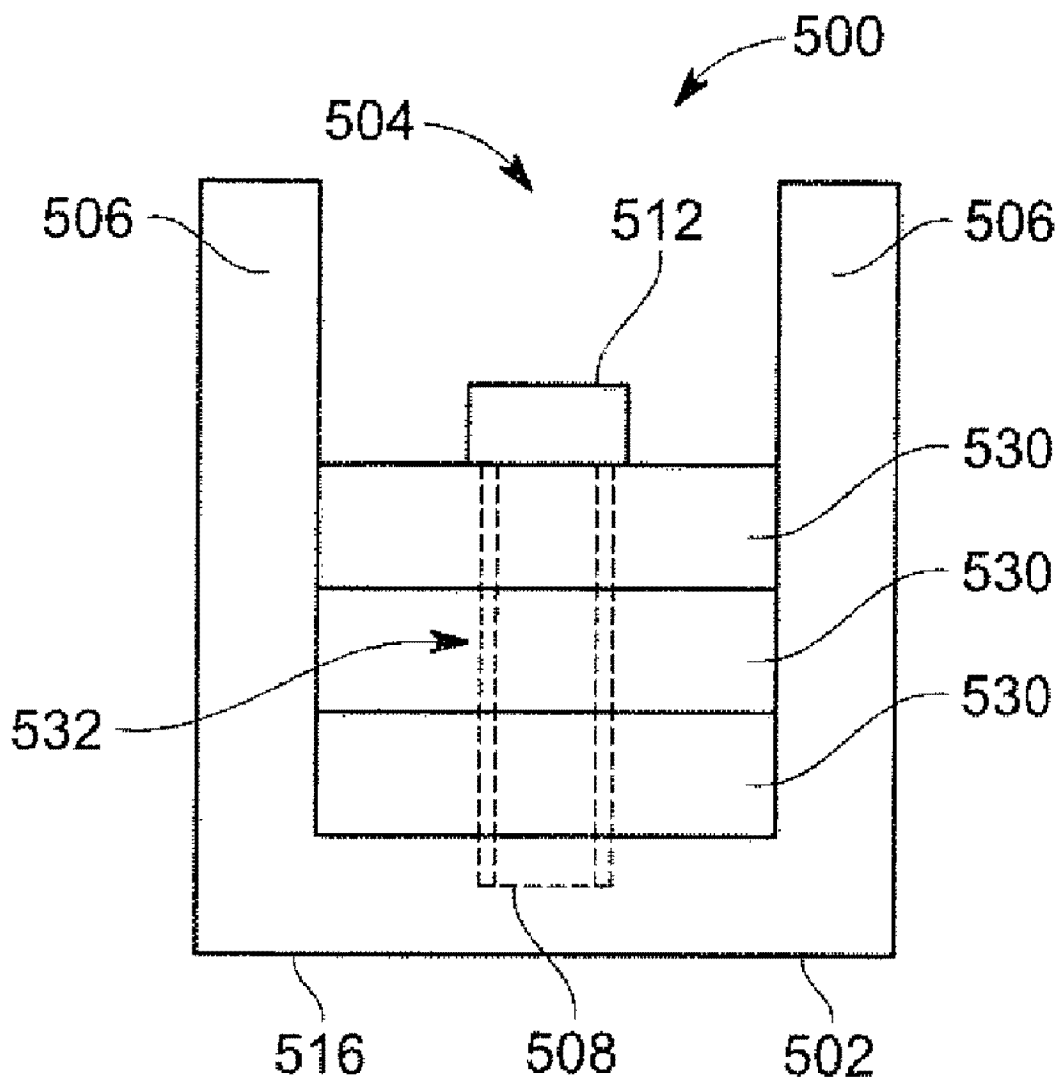


图 5



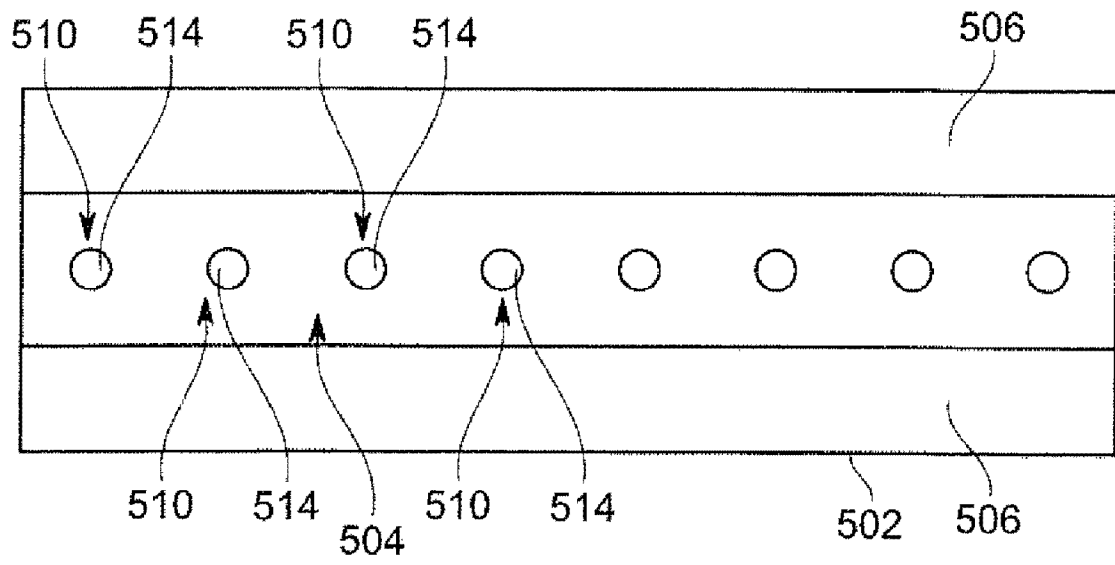


图 6

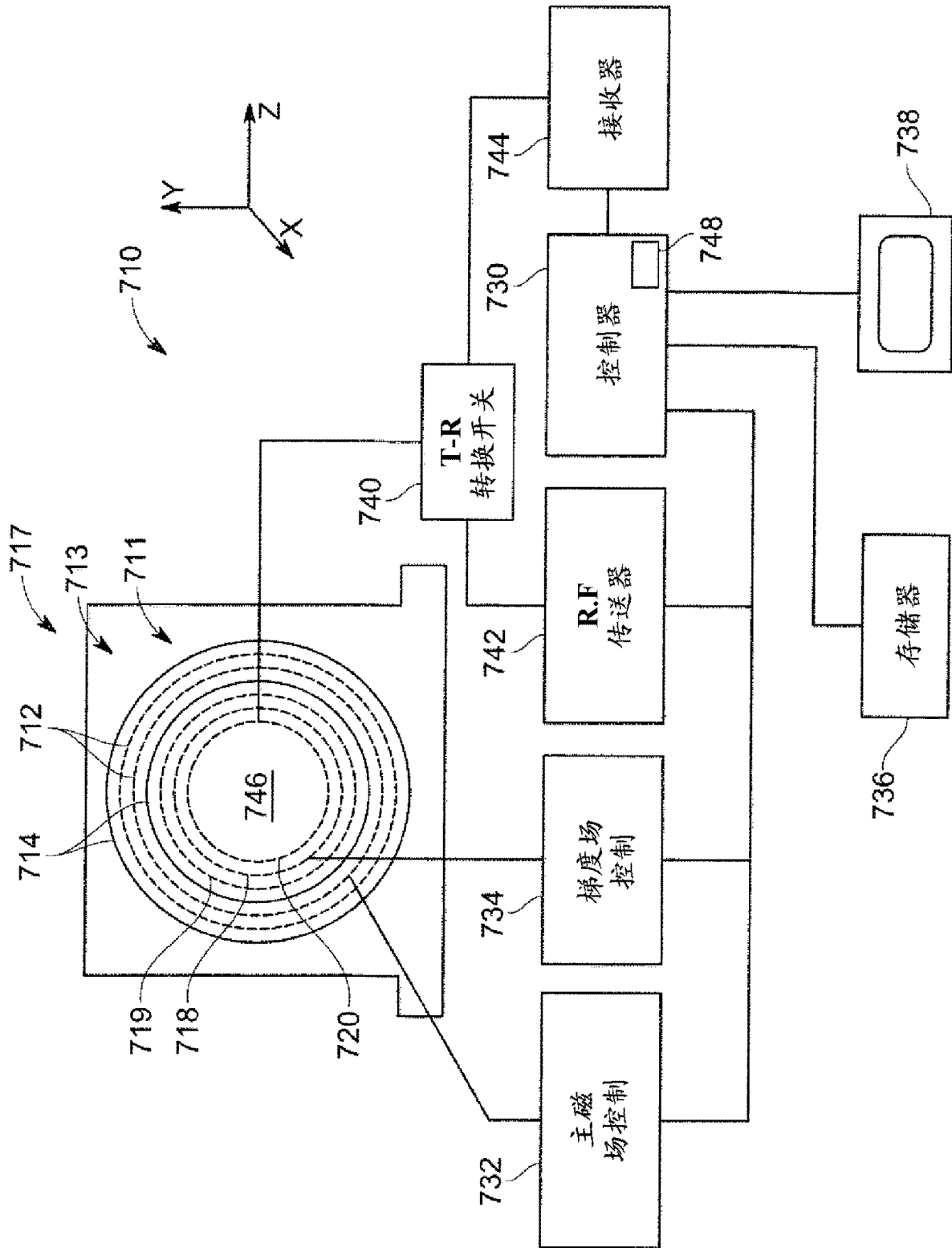


图 7

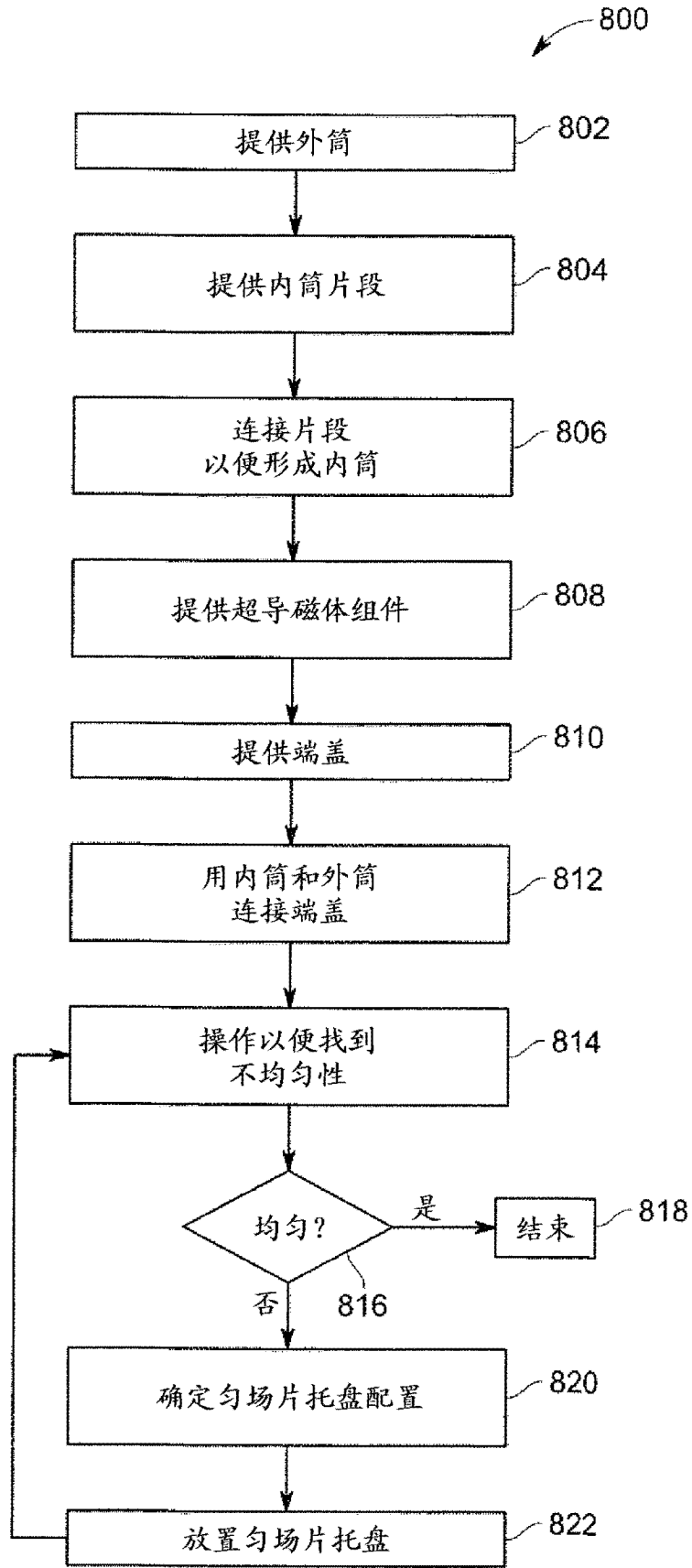


图 8