



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110888096 A

(43)申请公布日 2020.03.17

(21)申请号 201910830850.7

(22)申请日 2019.09.04

(30)优先权数据

16/126,701 2018.09.10 US

(71)申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 阿里·奥克 习海霞

斯图尔特·保罗·费尔特姆

马克·德拉克尚

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 侯颖嫒 钱慰民

(51)Int.Cl.

G01R 33/38(2006.01)

G01R 33/28(2006.01)

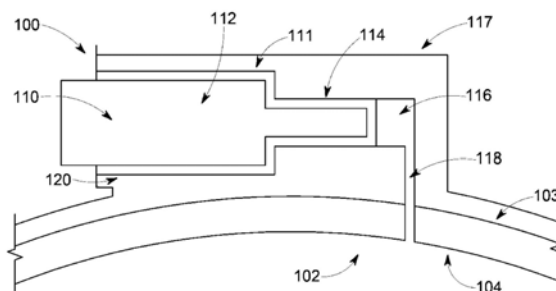
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54)发明名称

用于低温冷却器热管理的系统和方法

(57)摘要

本发明题为“用于低温冷却器热管理的系统和方法”。本发明提供了一种热管理系统,该热管理系统包括冷头低温冷却器和冷却夹套。冷头低温冷却器被构造成能够操作地联接到MRI系统的氦容器,并且被构造成冷却MRI系统的超导磁体或热屏蔽罩中的至少一者。冷却夹套具有限定套筒外部的外表面,并且包括设置在由冷却夹套限定的套筒外部的径向内侧的通道。冷却夹套被构造成接收来自氦容器的蒸发气体以使其循环流过通道,由此冷却冷头低温冷却器。



1. 一种热管理系统,包括:

冷头低温冷却器,所述冷头低温冷却器被构造成能够操作地联接到磁共振成像(MRI)系统的氦容器,所述冷头低温冷却器被构造成冷却所述MRI系统的超导磁体或热屏蔽罩中的至少一者;

冷却夹套,所述冷却夹套具有限定套筒外部的外表面,所述冷却夹套包括设置在由所述冷却夹套限定的所述套筒外部的径向内侧的通道,所述冷却夹套被构造成接收来自所述氦容器的蒸发气体以使其循环流过所述通道,由此冷却所述冷头低温冷却器或低温冷却器套筒中的至少一者。

2. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述冷头低温冷却器包括第一级和第二级,其中所述冷却夹套围绕所述第一级或所述第二级中的至少一者设置。

3. 根据权利要求2所述的热管理系统,还包括适配器板和第二级套筒,所述适配器板被构造成将所述冷却夹套与所述第二级套筒接合在一起。

4. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述通道限定不具有沟槽的开放通道。

5. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述通道的横截面限定蜂窝排布结构。

6. 根据权利要求1所述的热管理系统,其中所述通道的横截面限定开孔排布结构。

7. 根据权利要求1所述的热管理系统,还包括围绕所述冷却夹套的所述套筒外部设置的外管,所述外管被构造成接收来自所述氦容器的蒸发气体,所述外管具有被构造成充当换热器的内部结构。

8. 根据权利要求1所述的热管理系统,还包括围绕所述冷头低温冷却器的外部的至少一部分的绝缘物。

9. 一种方法,包括:

将冷头低温冷却器联接到MRI系统的氦容器,所述冷头低温冷却器被构造成冷却所述MRI系统的超导磁体或热屏蔽罩中的至少一者;

提供围绕所述冷头低温冷却器的至少一部分设置的冷却夹套,所述冷却夹套具有限定套筒外部的外表面,所述冷却夹套包括设置在由所述冷却夹套限定的所述外部的径向内侧的通道,所述冷却夹套被构造成接收来自所述氦容器的蒸发气体以使其循环流过所述通道,由此冷却所述冷头低温冷却器。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述冷头低温冷却器包括第一级和第二级,所述方法包括围绕所述第一级和/或所述第二级设置所述冷却夹套。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中所述冷头低温冷却器包括适配器板和第二级套筒,所述方法包括经由所述适配器板将所述冷却夹套接合到所述第二级套筒。

12. 根据权利要求9所述的方法,还包括增材制造在所述通道内不具有沟槽的开放通道。

13. 根据权利要求9所述的方法,还包括将所述通道增材制造成具有限定蜂窝排布结构的横截面。

14. 根据权利要求9所述的方法,还包括将所述通道增材制造成具有限定开孔排布结构的横截面。

15. 根据权利要求9所述的方法,还包括围绕所述冷却夹套的所述套筒外部设置外管,所述外管被构造成接收来自所述氦容器的蒸发气体,所述外管具有内部结构。

16. 根据权利要求9所述的方法,还包括围绕所述冷头低温冷却器的外部的至少一部分设置绝缘物。

17. 根据权利要求16所述的方法,还包括:围绕所述冷头冷却器的所述外部的所述至少一部分设置覆盖件,其中在所述覆盖件与所述冷头低温冷却器的外部之间限定容积;利用所述绝缘物填充所述容积;以及移除所述覆盖件。

18. 一种热管理系统,包括:

冷头低温冷却器,所述冷头低温冷却器被构造成能够操作地联接到MRI系统的氦容器,所述冷头低温冷却器被构造成冷却所述MRI系统的超导磁体或热屏蔽罩中的至少一者;

冷却构件,所述冷却构件联接到所述冷头低温冷却器,所述冷却构件包括通道,所述通道被构造成接收来自所述氦容器的蒸发气体以使其循环流过所述通道,由此冷却所述冷头低温冷却器,其中所述通道包括被构造成充当热交换器的内部横截面。

19. 根据权利要求18所述的热管理系统,其中所述冷却构件包括冷却夹套,所述冷却夹套具有限定套筒外部的外表面,所述通道设置在所述冷却夹套中并且位于由所述冷却夹套限定的所述套筒外部的径向内侧。

20. 根据权利要求18所述的热管理系统,其中所述冷头低温冷却器包括冷却夹套,所述冷却夹套具有限定套筒外部的外表面,其中所述冷却构件包括围绕所述冷却夹套的所述套筒外部设置的外管,所述通道设置在所述外管中,所述外管被构造成接收来自所述氦容器的所述蒸发气体。

## 用于低温冷却器热管理的系统和方法

### 背景技术

[0001] 本文所公开的主题整体涉及用于诸如在MRI系统的断电时段期间冷却MRI系统的设备和方法。

[0002] 对于低温冷却的MR磁体,用于冷却磁体的氦可在包括MR磁体的系统断电时蒸发。例如,系统可断电以用于从一个位置运输到另一个位置。当系统断电时,氦可升温并蒸发,从而导致氦的损失。

### 发明内容

[0003] 在一个示例性实施方案中,提供了一种热管理系统,该热管理系统包括冷头低温冷却器和冷却夹套。冷头低温冷却器被构造成能够操作地联接到MRI系统的氦容器,并且被构造成冷却MRI系统的超导磁体线圈或热屏蔽罩中的至少一者。冷却夹套具有限定套筒外部的的外表面,并且包括设置在由冷却夹套限定的套筒外部的的径向内侧的通道。冷却夹套被构造成接收来自氦容器的蒸发气体以使其循环流过通道,由此冷却冷头低温冷却器。

[0004] 在另一个示例性实施方案中,提供了一种方法,该方法包括将冷头低温冷却器联接到MRI系统的氦容器。冷头低温冷却器被构造成冷却MRI系统的超导磁体或热屏蔽罩中的至少一者。该方法还包括提供围绕冷头低温冷却器的至少一部分设置的冷却夹套。冷却夹套具有限定套筒外部的的外表面,并且包括设置在由冷却夹套限定的外部的的径向内侧的通道。冷却夹套被构造成接收来自氦容器的蒸发气体以使其循环流过通道,由此冷却冷头低温冷却器。

[0005] 在另一个示例性实施方案中,提供了一种热管理系统,该热管理系统包括冷头低温冷却器和冷却构件。冷头低温冷却器被构造成能够操作地联接到MRI系统的氦容器,并且被构造成冷却MRI系统的超导磁体或热屏蔽罩中的至少一者。冷却构件联接到冷头低温冷却器,并且包括通道,该通道被构造成接收来自氦容器的蒸发气体以使其循环流过通道,由此冷却冷头低温冷却器。通道包括内部横截面。

### 附图说明

[0006] 图1提供了根据各种实施方案的热管理系统的示意图。

[0007] 图2提供了根据各种实施方案的热管理系统的若干方面的侧视图。

[0008] 图3A提供了根据各种实施方案的冷头套筒的侧面剖视图。

[0009] 图3B提供了图3A的一部分的放大视图。

[0010] 图4提供了根据各种实施方案的冷头套筒的侧面剖视图。

[0011] 图5A提供了根据各种实施方案的通道的剖视图。

[0012] 图5B提供了根据各种实施方案的通道的剖视图。

[0013] 图5C提供了根据各种实施方案的通道的剖视图。

[0014] 图5D提供了根据各种实施方案的通道的剖视图。

[0015] 图5E提供了根据各种实施方案的通道的剖视图。

- [0016] 图5F提供了根据各种实施方案的通道的剖视图。
- [0017] 图5G提供了根据各种实施方案的通道的剖视图。
- [0018] 图6提供了根据各种实施方案的热管理系统的若干方面的侧视图。
- [0019] 图7提供了根据各种实施方案的热管理系统的透视图。
- [0020] 图8提供了根据各种实施方案的方法的流程图。
- [0021] 图9提供了根据各种实施方案的MRI系统的示意性框图。

### 具体实施方式

[0022] 当结合附图阅读时,将更好地理解某些实施方案的以下详细描述。就附图示出各种实施方案的功能块的图而言,这些功能块不一定表示硬件之间的划分。应当理解,各种实施方案不限于附图中所示的布置和工具。

[0023] 如本文所用,以单数形式列举并且以单词“一”或“一个”开头的元件或步骤应当被理解为不排除多个所述元件或步骤,除非明确说明这种排除。此外,对“一个实施方案”的引用并非旨在被解释为排除也包含所叙述的特征的其他实施方案的存在。此外,除非明确地相反说明,否则“包括”或“具有”具有特定特性的一个或多个元件的实施方案可包括不具有该特性的附加元件。

[0024] 各种实施方案提供了用于改善MRI系统的冷却和/或减少冷头低温冷却器的断电情况下(诸如MRI系统运输或冷头故障)的氦损失的系统和方法。各种实施方案提供了冷头套筒的使用,该冷头套筒具有用于蒸发气体的通道以改善冷头低温冷却器的工作。各种实施方案利用传统制造方法诸如焊接和硬钎焊或者非常规制造方法诸如增材制造方法来提供冷头套筒(或其他通道诸如外管)的热交换器横截面。在各种实施方案中,通过使用套筒主体上的热交换器利用蒸发气体来冷却冷头套筒(例如,冷头套筒的第一级)。除此之外或另选地,各种实施方案在延伸超出外壳的冷头低温冷却器的部分周围使用绝缘物。各种实施方案接收来自氦容器的蒸发气体以使其循环流过通道,从而通过拦截来自外部的热量来冷却冷头低温冷却器和相关联的低温冷却器套筒,这可导致减少氦损失。

[0025] 各种实施方案的技术实施方案包括改善MRI系统的冷却(例如,在断电状态期间)。各种实施方案的技术实施方案包括减少断电状态期间的氦损失以及降低用于在氦容器中重新装填氦的成本。

[0026] 图1提供了根据各种实施方案形成的热管理系统100的透视图。热管理系统100包括冷头低温冷却器110和冷却构件120。所示的热管理系统100能够操作地联接到磁共振成像(MRI)系统102的氦容器104。一般来讲,热管理系统100用于在MRI系统的断电状态期间(例如,在MRI系统的磁体的低温冷却器的断电状态期间)冷却MRI系统102的若干方面(例如,MRI系统102的超导磁体或热屏蔽罩103中的至少一者)。

[0027] 在各种实施方案中,利用氦容器104来低温冷却MRI系统102的超导磁体上的线圈。在冷头低温冷却器110的工作期间,冷头低温冷却器110(其可设置在套筒内)用于使蒸发的制冷剂再冷凝,以连续地冷却MRI系统102的超导磁体线圈和/或热屏蔽罩103。例如,可经由导管118将蒸发的制冷剂提供给再冷凝器116。在冷头低温冷却器110的使用期间,冷头套筒111充当真空室与外部环境之间的真空屏障以保持真空密封。图示实施方案中的外壳117围绕冷头低温冷却器110的一部分设置,并且与冷头套筒111配合以提供真空。

[0028] 如图1所见,所示低温冷却器110包括第一级112和第二级114。第一级112可具有比第二级114更高的工作温度。例如,第一级可具有约40开氏度的工作温度,并且第二级114可具有约4开氏度的工作温度。

[0029] 一般来讲,冷却构件120被构造成接收来自氦容器104的蒸发气体,并且充当利用蒸发气体来冷却冷头低温冷却器110的热交换器(例如,通过冷却围绕低温冷却器的套筒)。例如,在各种实施方案中,冷却构件120包括通道,该通道被构造成接收来自氦容器104的蒸发气体以使其循环流过通道,由此冷却冷头低温冷却器110。在各种实施方案中,通道具有被构造成充当热交换器的内部横截面。可采用各种不同的制造技术来形成横截面。作为一个示例,可通过增材制造(例如,3D打印)形成内部横截面。例如,可采用增材制造来提供复杂的内部形状以引导蒸发气流,复杂的内部形状利用其他制造技术是不可能实现的或不切实际的。在其他实施方案中,可通过另选的制造技术诸如焊接、硬钎焊或铸造来形成内部横截面。

[0030] 冷却构件120在图1中被示意性地示为块。然而,应当指出的是,在各种实施方案中,冷却构件为围绕冷头低温冷却器110的全部或一部分的大致管状的结构。例如,冷却构件可包括围绕冷头低温冷却器110的全部或一部分的圆柱形套筒,和/或可包括围绕(例如,螺旋卷绕)冷头低温冷却器110的全部或一部分的管材。

[0031] 在各种实施方案中,冷却构件120被构造成冷却套筒或夹套。各种实施方案中的冷却夹套限定大致圆柱形的结构,该结构具有沿着冷头低温冷却器的长度延伸并围绕冷头低温冷却器的内壁和外壁、以及在内壁与外壁之间的容积中延伸的接收蒸发气体的通道。外壁和内壁可各自限定连续的圆柱形表面。例如,图2提供了包括冷却夹套122的热管理系统100的实施方案的透视图。冷却夹套122为冷却构件120的示例。在各种实施方案中,冷却夹套122形成冷头套筒111的一部分。例如,在一些实施方案中,冷却夹套122可与冷头套筒111一体形成,或可接合到冷头套筒。

[0032] 所示的冷却夹套122包括限定套筒外部126的外表面124。另外,所示的冷却夹套122包括通道128,该通道设置在由冷却夹套122限定的套筒外部126(例如,由外表面124限定)的径向内侧。冷却夹套122被构造成接收来自氦容器104的蒸发气体,以使其循环流过通道128,由此冷却冷头低温冷却器。在图示实施方案中,冷却夹套122包括可用作蒸发气体的入口和出口的通道端口121。应当指出的是,通道端口可呈任何形状和取向。在各种实施方案中,冷却夹套由导热金属(以举例的方式,诸如铝、铜或不锈钢)制成。应当指出的是,在各种实施方案中,可通过任何类型的非常规和常规制造方法来构造冷却夹套122(或其若干方面)。

[0033] 图3A提供了冷却夹套122的侧面剖视图,并且图3B提供了图3A的一部分的放大视图。如图3A或图3B最佳所见,冷却夹套122包括内表面125,该内表面与外表面124间隔开一定距离以限定通道128从中穿过的容积。因此,穿过通道128的流体(例如,蒸发气体)可用于移除来自设置在内表面125的径向内侧的低温冷却器的热量。在图示实施方案中,沟槽129被限定在内表面125与外表面124之间的空间中以形成通道。沟槽129可配合以形成通道128和/或一个或多个附加通道。在制造期间,可将其他结构设置在内表面125与外表面124之间的空间中,以限定沟槽129和/或引导流动穿过通道128。

[0034] 在各种实施方案中,冷却夹套122可围绕第一级112(或其部分)和/或第二级114

(或其部分)设置。例如,图4示出了其中冷却夹套122(其包括用于蒸发气体的流动的通道128)围绕第一级112设置的实施方案的侧面剖视图。如在图4中所见,所示示例的热管理系统100还包括适配器板130和二级套筒140。适配器板130可被形成为环,该环提供二级套筒140与冷却夹套122之间的接口。在图示示例中,冷却夹套122被构造成围绕第一级112设置,并且二级套筒140被构造成围绕第二级114设置。适配器板130被构造成将冷却夹套122与二级套筒140接合在一起。例如,一级管132可利用适配器板130与二级套筒140接合,并且冷却夹套122可围绕一级管132设置。一级组件或部件(冷却夹套和一级管132)可例如通过硬钎焊、焊接或增材制造接合到适配器板130和二级140。

[0035] 如上所述,在各种实施方案中,通道128(或其若干方面)可形成于各种实施方案中,以在冷却夹套的内表面125与外表面124之间提供复杂的内部形状或者在卷绕冷头低温冷却器110的一个或多个方面的管材内部提供复杂的内部形状。作为一个示例,在各种实施方案中,可使用增材制造,以有助于提供用于改善热性能的复杂通道。除此之外或另选地,在各种实施方案中,可使用其他制造技术。图5A-图5G示出了根据各种实施方案形成的通道形状的示例,其中通道被构造成充当各种实施方案中的热交换器。

[0036] 图5A示出了其中通道128限定不包括沟槽的开放通道510的示例。替代地,开放通道510包括从内表面513或外表面514悬臂式伸出的延伸部512(例如,延伸部512从内表面513或外表面514中的一者延伸而不到达内表面513或外表面514中的另一者)。各种实施方案中的延伸部可呈其他结构形式和/或设置成不同的角度。

[0037] 图5B示出了其中通道128的横截面限定蜂窝排布结构的示例。如在图5B中所见,蜂窝壁520配合以限定蜂窝单元522。在一些实施方案中,蜂窝单元可侧向闭合并以螺旋排布结构接合。在图示实施方案中,蜂窝单元522包括允许相邻蜂窝单元522间的侧向流动的开口524。

[0038] 图5C示出了其中通道128的横截面限定开孔排布结构的示例。开孔排布结构包括由壁532限定的单元530,该壁具有开口534以允许相邻单元之间的流动。

[0039] 图5D示出了其中通道128由闭孔540的连续螺旋(例如,从内表面543延伸到外表面544的翅片542)形成的示例。图5E示出了其中通道128由(供蒸发气体流动通过的)闭孔550的间断螺旋形成的一个示例,该闭孔由不流过蒸发气体的空间552间隔开。单元的壁之间的角度可在不同实施方案中有所变化。

[0040] 应当指出的是,冷却夹套122的内表面125和/或外表面124不必为直的。例如,图5F示出了其中外表面560沿着在冷却夹套122的长度方向上延伸的轴线562渐缩的示例性实施方案。除此之外或另选地,内表面565可为渐缩的。图5G示出了其中外表面570为阶梯式的示例性实施方案,该外表面具有与第二部分573距离内表面571相比更远离内表面比571的第一部分572。应当指出的是,参照图5A-图5G,图示示例以举例的方式提供,并且图示示例的变型、各种示例的组合或其他排布结构可用于各种实施方案中。可针对给定应用的特定热交换需求来选择具体的构型(例如,尺寸、排布结构等)。

[0041] 除了包括位于套筒外部的径向内侧的用于蒸发气体的通道的套筒之外或另选地,在各种实施方案中,可通过设置在套筒外部的径向外侧的管来提供用于蒸发气体的通道。例如,图6提供了其中冷却构件120包括外管150的热管理系统100的示例的侧视图。在图示示例中,外管150围绕冷头套筒111的套筒外部126设置。应当指出的是,外管150可在第一级

112或第二级114(或其部分)中的任一者或两者处围绕冷头套筒111放置。此外,应当指出的是,在各种实施方案中,外管150可设置在由外壳117限定的真空内和/或由外壳117限定的真空外。外管150被构造成接收来自氦容器104的蒸发气体(例如,通道128延伸穿过外管的内部)。在各种实施方案中,外管150具有增材制造的内部结构(例如,图5B的蜂窝排布结构、图5C的开孔排布结构)。其他制造技术可用于各种实施方案中。在各种实施方案中,外管150可围绕冷却夹套122设置。

[0042] 除了结合图2-图6所讨论的套筒和管之外或另选地,在各种实施方案中,热管理系统包括绝缘物。图7提供了热管理系统100的透视图,其中围绕冷头低温冷却器110的外部的至少一部分提供绝缘物700(由影线表示)。在图示示例中,围绕位于外壳117外部的冷头低温冷却器110的部分提供绝缘物。例如,临时覆盖件可围绕外壳117外部的冷头低温冷却器110设置,将绝缘物700引入到临时覆盖件内以填充临时覆盖件与冷头低温冷却器110之间的空间,并且移除覆盖件。

[0043] 图8提供了方法800的流程图。例如,方法800(或其若干方面)可采用本文讨论的各种实施方案(例如,系统和/或方法和/或处理流程)的结构或方面或由这些结构或方面来执行。在各种实施方案中,可以省略或添加某些步骤,可以组合某些步骤,可以同时执行某些步骤,可以将某些步骤分为多个步骤,可能以不同的顺序执行某些步骤,或者可能以迭代方式重新执行某些步骤或一系列步骤。

[0044] 在802处,将冷头低温冷却器(例如,冷头低温冷却器110)联接到MRI系统的氦容器(例如,MRI系统102的氦容器104)。冷头低温冷却器被构造成冷却MRI系统的超导磁体或热屏蔽罩中的至少一者。例如,冷头低温冷却器可用于冷却蒸发的制冷剂,然后使其流回到氦容器。冷头低温冷却器可以机械方式或流体方式直接地或间接地联接到氦容器。例如,冷头低温冷却器可通过安装到结构并继而将结构安装到氦容器来以机械方式间接地安装到氦容器。将冷头低温冷却器以流体方式(例如,经由导管)联接到氦容器以接收来自氦容器的蒸发的制冷剂。

[0045] 在804处,将冷却夹套(例如,冷却夹套122)围绕冷头低温冷却器的至少一部分设置。冷却夹套具有限定套筒外部的的外表面,并且包括设置在套筒外部的径向内侧的通道。(参见例如图3A和图3B。)冷却夹套被构造成接收来自氦容器的蒸发气体以使其循环流过通道,由此冷却冷头低温冷却器。应当指出的是,如本文所讨论的那样,在各种实施方案中,可另外或另选地使用其他冷却构件(例如,外管,诸如外管150)和/或绝缘物。

[0046] 在各种实施方案中,冷却夹套包括被形成或限定以充当热交换器的通道。在一些实施方案中,利用增材制造来形成通道。在一些实施方案中,形成不具有沟槽的开放通道。在一些实施方案中,通道被增材制造成具有限定蜂窝排布结构的横截面。又如,在一些实施方案中,通道被增材制造成具有限定开孔排布结构的横截面。

[0047] 如本文所述,在各种实施方案中,冷却夹套围绕冷头低温冷却器的第一级设置。在图示示例中,在808处,冷却夹套围绕第一级设置。例如,在810处,利用适配器板(例如,适配器板130)将冷却夹套接合到第二级套筒(例如,第二级套筒140)。

[0048] 在812处,外管(例如,外管150)围绕冷却夹套的套筒外部设置。外管被构造成接收来自氦容器的蒸发气体,并且具有增材制造的内部结构以限定蒸发气体流过的通道。应当指出的是,在一些实施方案中,外管可被另选地用于如本文所讨论的冷却套筒。一般来讲,



外管以螺旋方式卷绕冷头套筒的外部。在各种实施方案中,外部可卷绕冷头低温冷却器的第一级(或其部分)和/或第二级(或其部分)。

[0049] 在图示实施方案的814处,绝缘物围绕冷头低温冷却器的外部的至少一部分设置。(参见例如图7和相关讨论。)绝缘物可接触并围绕冷头低温冷却器的外部。应当指出的是,在各种实施方案中,除了使用冷却夹套和/或外管之外或另选地,可使用绝缘物。在所示的示例中,在816处,覆盖件围绕将被绝缘的冷头低温冷却器的外部的部分设置(例如,围绕限定真空室的外壳外部的冷头低温冷却器的部分)。覆盖件在覆盖件与冷头低温冷却器的外部之间限定容积。在818处,用绝缘物填充覆盖件与外部之间的容积,并且在820处,移除覆盖件。例如,在一些实施方案中,可提供液态聚氨酯绝缘物,或者可将绝缘物提供在袋中,该袋围绕冷头低温冷却器的外部放置(在各种实施方案中可使用不止一个袋)。覆盖件随后可在绝缘物被注入并允许固化期间提供临时封装件。

[0050] 如本文所讨论的,本文所述的各种方法和/或系统(和/或其若干方面)可结合MRI系统来实现。例如,图9示出了根据各种实施方案形成的MRI系统10的各种主要部件。系统的操作通过操作员控制台12进行控制,该操作员控制台包括键盘或其他输入设备13、控制面板14和显示器16。控制台12通过链路18与单独的计算机系统20通信,该计算机系统使得操作员能够控制屏幕16上的图像的产生和显示。计算机系统20包括通过背板20a彼此通信的多个模块。这些模块包括图像处理模块22、CPU模块24和存储器模块26(本领域已知的用于存储图像数据阵列的帧缓冲器)。计算机系统20链接到用于存储图像数据和程序的磁盘存储装置28和磁带驱动器30,并且通过高速串行链路34与单独的系统控制器32通信。输入设备13可包括鼠标、操纵杆、键盘、跟踪球、触摸激活屏、光棒、语音控制器或任何类似或等效的输入设备,并且可用于交互式几何形状需求。

[0051] 系统控件32包括通过背板32a连接在一起的一组模块。这些模块包括CPU模块36和脉冲发生器模块38,该脉冲发生器模块通过串行链路40连接到操作员控制台12。通过链路40,系统控制器32从操作员接收指示要执行的扫描序列的命令。脉冲发生器模块38操作系统部件以执行所需的扫描序列,并生成指示所产生RF脉冲的时间、强度和形状以及数据采集窗口的时间和长度的数据。脉冲发生器模块38连接到一组梯度放大器42,以指示扫描过程中产生的梯度脉冲的时间和形状。脉冲发生器38还可接收来自生理采集控制器44的患者数据,该生理采集控制器接收来自连接到患者或受检者的多个不同传感器的信号,诸如来自附接到患者的电极的ECG信号。并且最后,脉冲发生器38连接到扫描室接口电路46,该扫描室接口电路接收来自各种传感器的与患者和磁体系统相关联的信号。患者定位系统48也通过扫描室接口电路46接收将患者移动到用于扫描的所需位置的命令。

[0052] 由脉冲发生器模块38产生的梯度波形被应用到具有 $G_x$ 、 $G_y$ 和 $G_z$ 放大器的梯度放大器系统42。每个梯度放大器激励在大体标记为50的梯度线圈组件中的对应的物理梯度线圈,以产生用于对采集的信号进行空间编码的磁场梯度。梯度线圈组件50和RF屏蔽罩(未示出)形成包括极化磁体54和RF线圈组件56的磁体组件52的一部分。系统控制器32中的收发器模块58产生脉冲,该脉冲被RF放大器60放大并且通过发射/接收开关62耦合到RF线圈组件56。由患者体内的激发核发射的所得信号可由相同的RF线圈组件56或其部分感测,并且通过发射/接收开关62耦合到前置放大器64。放大的MR信号在收发器58的接收器部分中被解调、滤波和数字化。发射/接收开关62由来自脉冲发生器模块38的信号控制,以在发射模

式期间将RF放大器60电连接到线圈组件56,并且在接收模式期间将前置放大器64连接到线圈组件56。发射/接收开关62还可使得单独的RF线圈(例如,表面线圈)能够在发射或接收模式中使用。磁体组件52可被低温冷却。例如,所示实施方案的磁体组件52设置在氦容器53内,该氦容器利用氦来低温冷却磁体组件52。热屏蔽罩件55也围绕磁体组件52设置。

[0053] 由所选择的RF线圈拾取的MR信号被收发器模块58数字化并被传输到系统控制器32中的存储器模块66。当在存储器模块66中采集到原始k空间数据阵列时,扫描完成。对于每个要重建的图像,该原始k空间数据被重新布置成单独的k空间数据阵列,并且这些单独的k空间数据阵列中的每一个被输入到阵列处理器68,该阵列处理器操作以对数据进行傅立叶变换为图像数据阵列。该图像数据通过串行链路34传送到计算机系统20,由此存储在存储器诸如硬盘存储装置28中。响应于从操作员控制台12接收到的命令,该图像数据可归档在长期存储装置中诸如磁带驱动器30上,或者可由图像处理器22进一步处理并传送到操作员控制台12,并呈现在显示器16上。

[0054] 应当注意,各种实施方案可能以硬件、软件或其组合来实现。各种实施方案和/或部件(例如,模块或其中的部件和控制器)也可以被实现为一个或多个计算机或处理器的一部分。计算机或处理器可以包括计算设备、输入设备、显示单元和接口,例如用于访问因特网。计算机或处理器可以包括微处理器。微处理器可以连接到通信总线。计算机或处理器还可以包括存储器。存储器可以包括随机存取存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。计算机或处理器还可以包括存储设备,其可以是硬盘驱动器或可移除存储驱动器,诸如固态驱动器、光盘驱动器等。存储设备还可以是用于将计算机程序或其他指令加载到计算机或处理器中的其他类似装置。

[0055] 如本文所用,术语“计算机”或“模块”可以包括任何基于处理器或基于微处理器的系统,其包括使用微控制器、精简指令集计算机(RISC)、ASIC、逻辑电路和能够执行本文所述功能的任何其他电路或处理器的系统。以上示例仅是示例性的,并且因此不旨在以任何方式限制术语“计算机”的定义和/或含义。

[0056] 计算机或处理器执行存储在一个或多个存储元件中的指令集以便处理输入数据。存储元件还可以根据期望或需要存储数据或其他信息。存储元件可以呈处理机内的信息源或物理存储器元件的形式。

[0057] 指令集可以包括指示计算机或处理器作为处理机来执行特定操作(诸如各种实施方案的方法和过程)的各种命令。指令集可以呈软件程序的形式。软件可以呈各种形式,诸如系统软件或应用软件,并且可以体现为有形和非暂时性计算机可读介质。此外,软件可以呈单独程序或模块的集合、较大程序内的程序模块或程序模块的一部分的形式。软件还可以包括以面向对象编程形式的模块化编程。处理机对输入数据的处理可以响应于操作员命令,或者响应于先前处理的结果,或者响应于另一个处理机做出的请求。

[0058] 如本文所用,“被构造成”执行任务或操作的结构、限制或元件在特定结构上以对应于任务或操作的方式形成、构造或调整。出于清楚和避免疑问的目的,仅能够被修改以执行任务或操作的对象未“被构造成”执行如本文所用的任务或操作。相反,如本文所用,使用“被构造成”表示结构适应或特性,并且表示被描述为“被构造成”执行任务或操作的任何结构、限制或元件的结构要求。例如,“被构造成”执行任务或操作的处理器单元、处理器或计算机可以被理解为被特别构造为执行该任务或操作(例如,具有存储在其上或与其一起使

用的被定制或旨在执行任务或操作的一个或多个程序或指令,和/或具有定制或旨在执行任务或操作的处理电路的布置)。出于清楚和避免疑问的目的,通用计算机(其可以“被构造成”执行任务或操作,如果适当编程的话)未“被构造成”执行任务或操作,除非或直到被专门编程或结构上进行修改以执行任务或操作。

[0059] 如本文所用,术语“软件”和“固件”是可互换的,并且包括存储在存储器中以供计算机执行的任何计算机程序,该存储器包括RAM存储器、ROM存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器和非易失性RAM(NVRAM)存储器。上述存储器类型仅是示例性的,并且因此不限制可用于存储计算机程序的存储器的类型。

[0060] 应当理解,以上描述旨在是例示性的而非限制性的。例如,上述实施方案(和/或其方面)可以彼此组合使用。另外,在不脱离本发明的范围的情况下,可进行许多修改以使特定情况或材料适应各种实施方案的教导。

[0061] 虽然本文描述的材料尺寸和类型旨在限定各种实施方案的参数,但它们决不是限制性的并仅是示例性的。在阅读以上描述后,许多其他实施方案对于本领域技术人员将是显而易见的。因此,各种实施方案的范围应该参考所附权利要求以及这些权利要求所赋予的等同物的全部范围来确定。在所附权利要求中,术语“包括”和“在…中”用作相应术语“包含”和“其中”的通俗中文等同物。此外,在以下权利要求中,术语“第一”、“第二”和“第三”等仅用作标记,而不旨在对其对象施加数字要求。此外,以下权利要求的限制不是用装置加功能格式书写的,也不旨在基于35U.S.C. §112(f)来解释,除非并且直到这些权利要求限制明确地使用短语“用于…的装置”,然后是没有其他结构的功能陈述。

[0062] 该书面描述使用示例来公开各种实施方案,包括最佳模式,并且还使本领域技术人员能够实践各种实施方案,包括制造和使用任何设备或系统以及执行任何包含的方法。各种实施方案的专利范围由权利要求书限定,并且可包括本领域技术人员想到的其他示例。如果此类其他示例具有与权利要求书的字面语言没有区别的结构元素,或者示例包括与权利要求书的字面语言具有微小差别的等效结构元素,则此类其他示例旨在落入权利要求书的范围内。

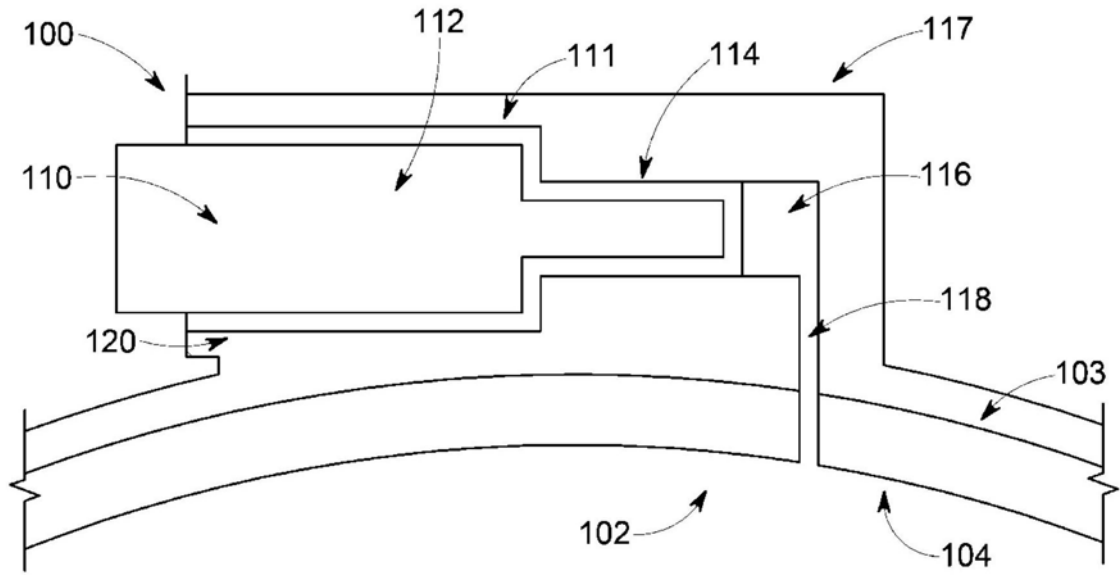


图1

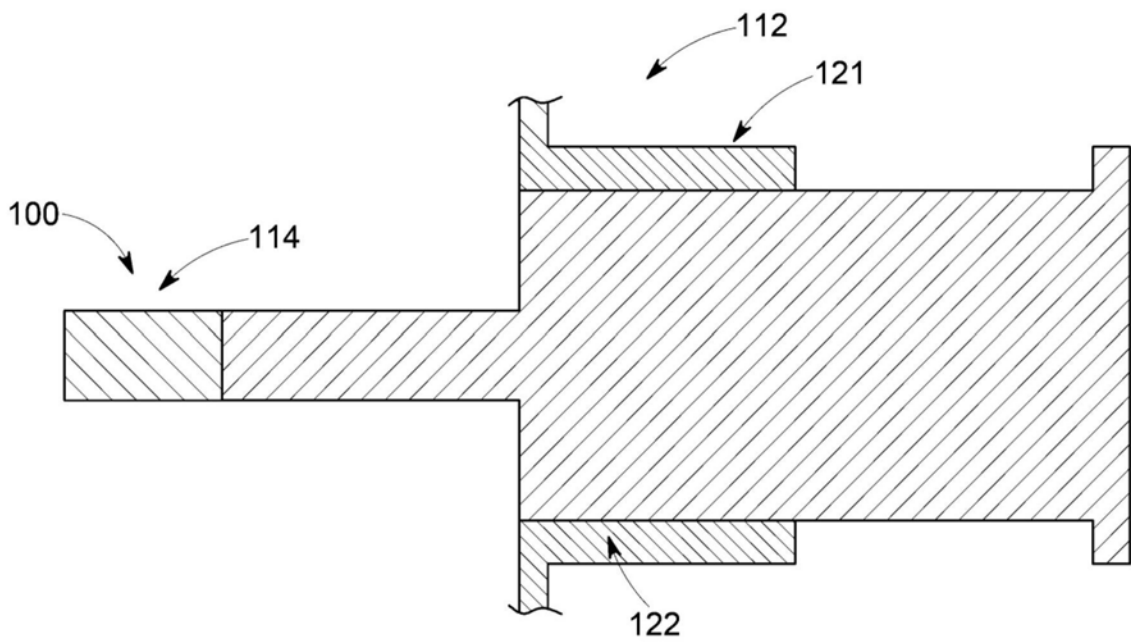


图2

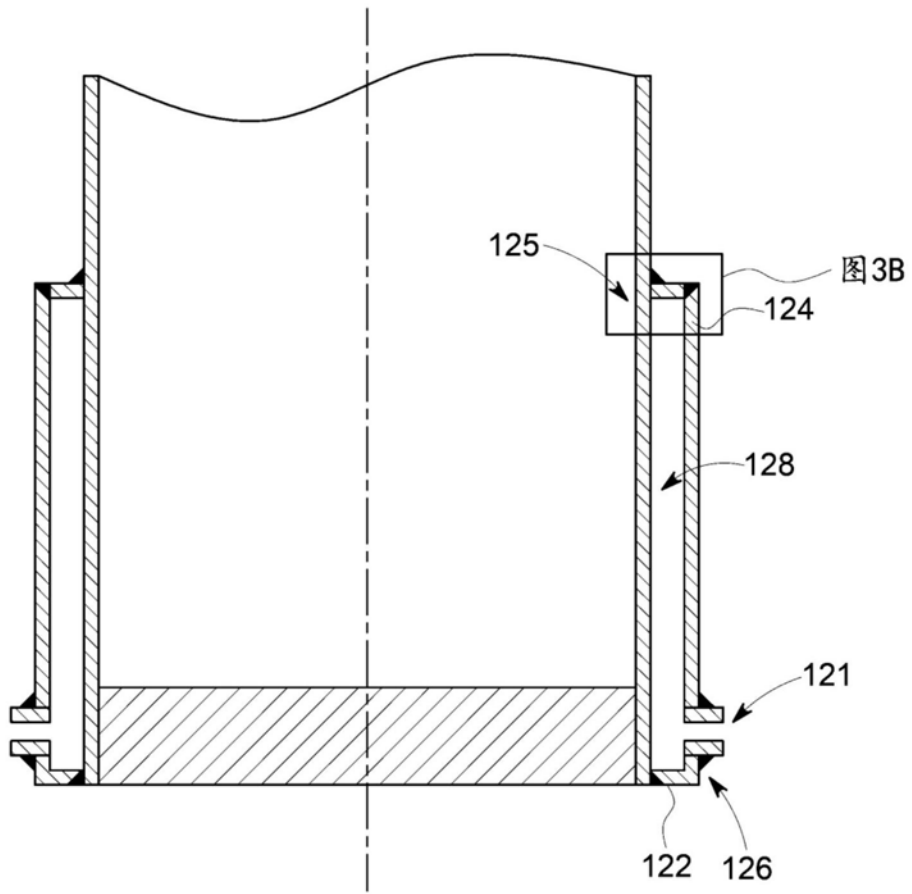


图3A

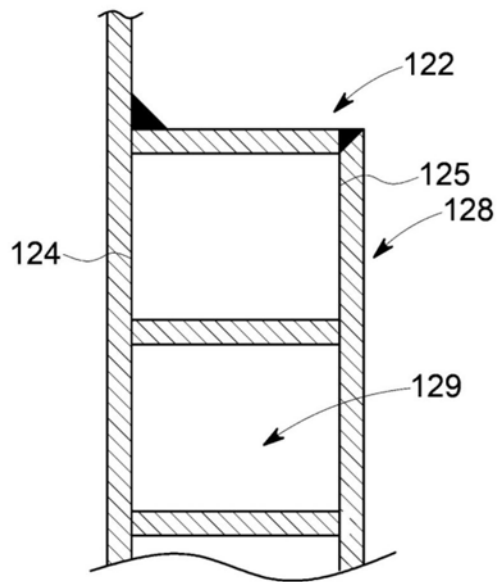


图3B

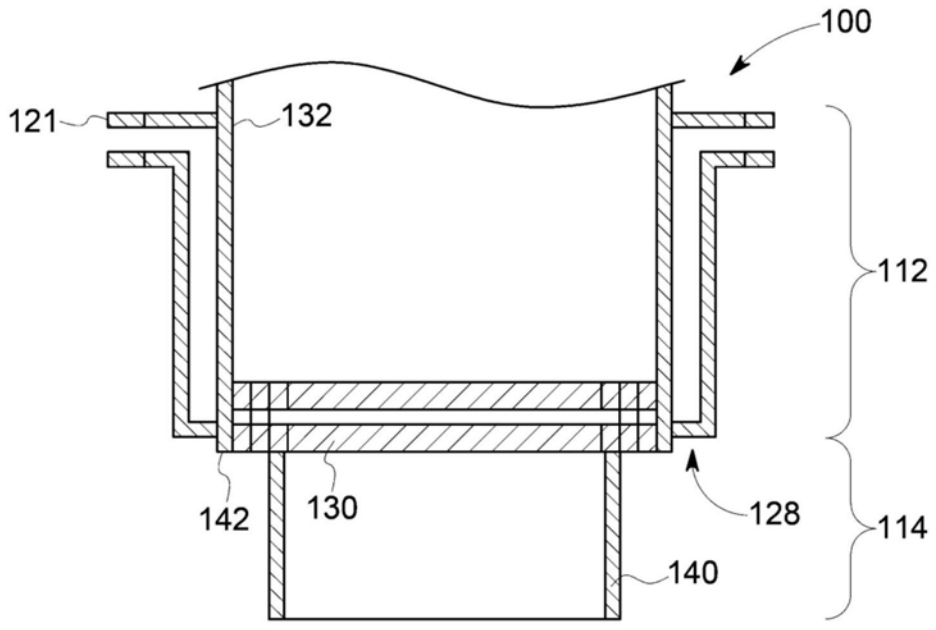


图4

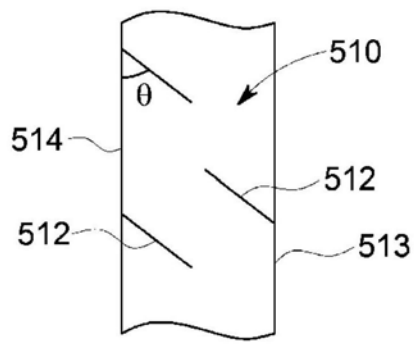


图5A

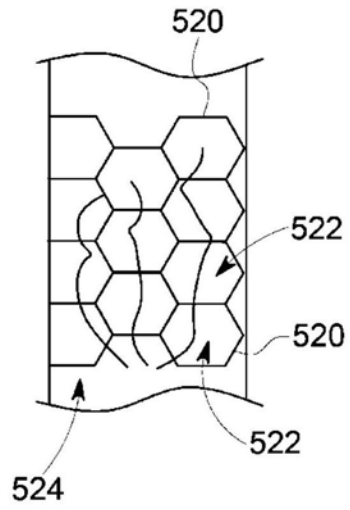


图5B

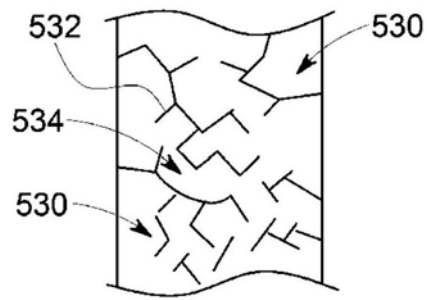


图5C

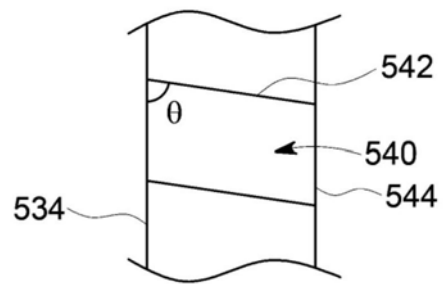


图5D

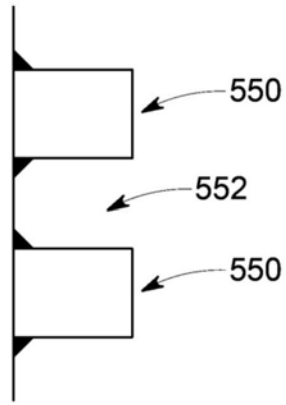


图5E

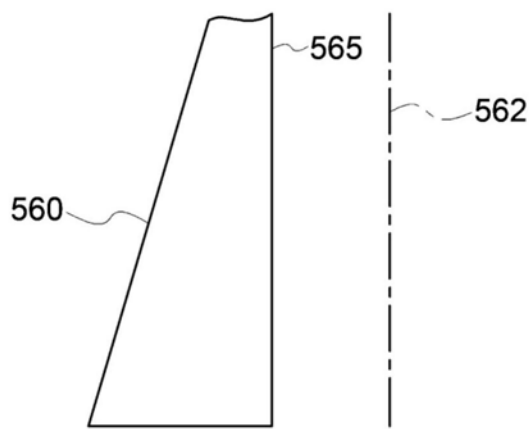


图5F

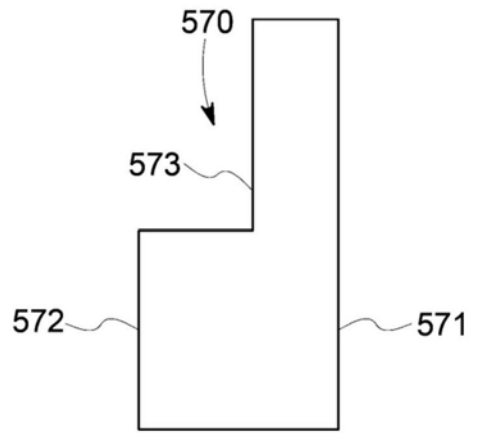


图5G



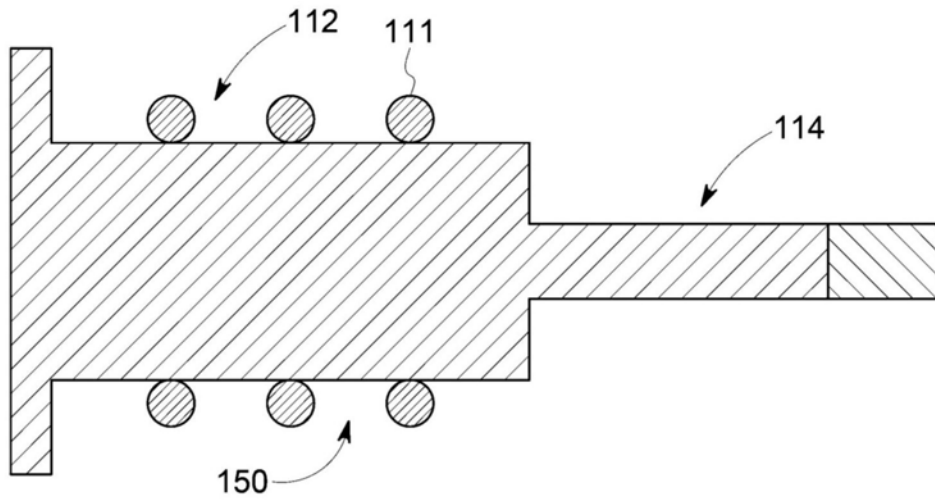


图6

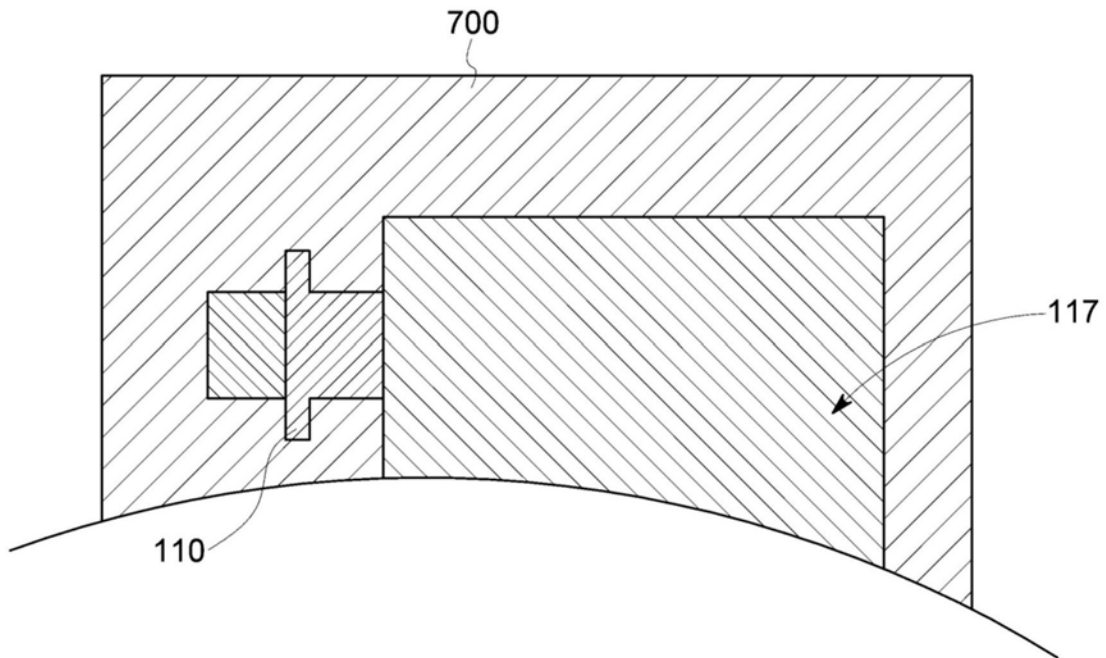


图7

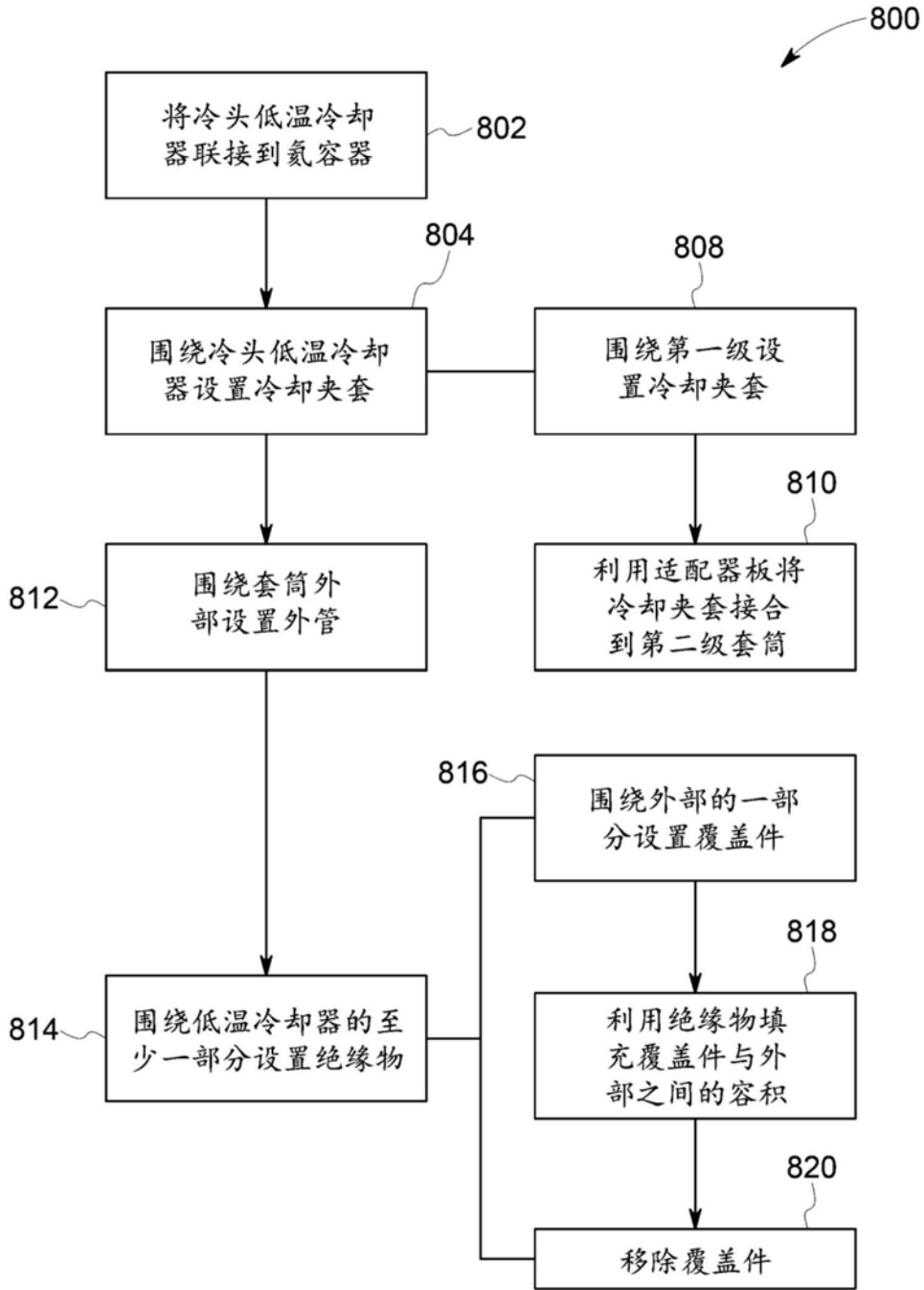


图8

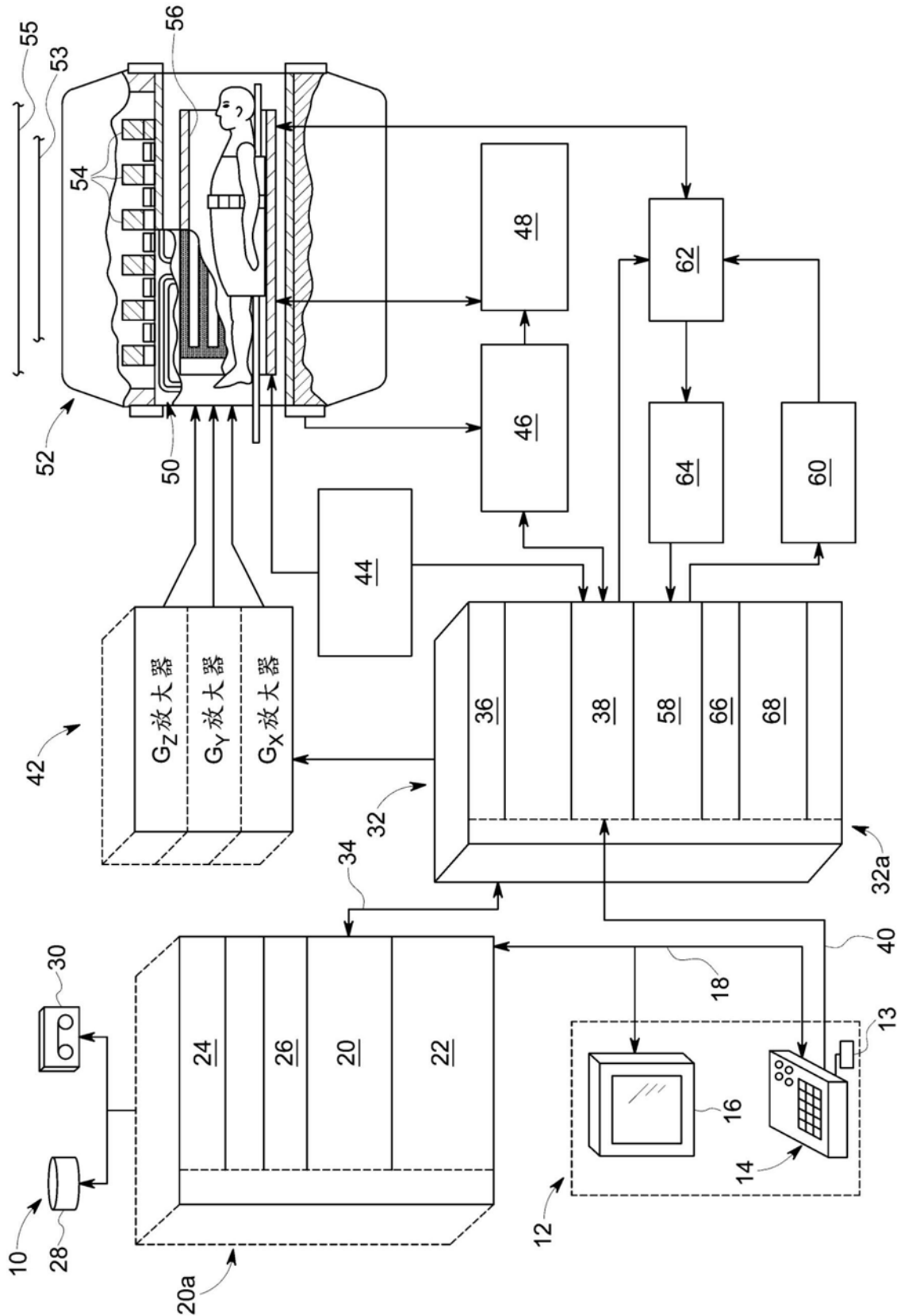


图9