



(12) 发明专利



(10) 授权公告号 CN 110476074 B

(45) 授权公告日 2023. 07. 14

(21) 申请号 201880022288.9

(22) 申请日 2018.02.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110476074 A

(43) 申请公布日 2019.11.19

(30) 优先权数据
17167289.2 2017.04.20 EP

(66) 本国优先权数据
PCT/CN2017/074996 2017.02.27 CN

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.09.27

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/054227 2018.02.21

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/153889 EN 2018.08.30

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 潘军 L·袁 林剑 周云

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002
专利代理师 蔡洪贵

(51) Int.Cl.
G01R 33/385 (2006.01)
G01R 33/422 (2006.01)

(56) 对比文件
Chiwan Koo等.An integrated
microfluidic cryo-cooled planar coil
system for magnetic resonance imaging
(MRI).《2010 IEEE 23rd International
Conference on Micro Electro Mechanical
Systems (MEMS)》.2010,
钱德军等.GE HDxt 1.5T磁共振梯度线圈更
换.《中国医学装备》.2014,第11卷(第11期),

审查员 王子浩

权利要求书2页 说明书6页 附图7页

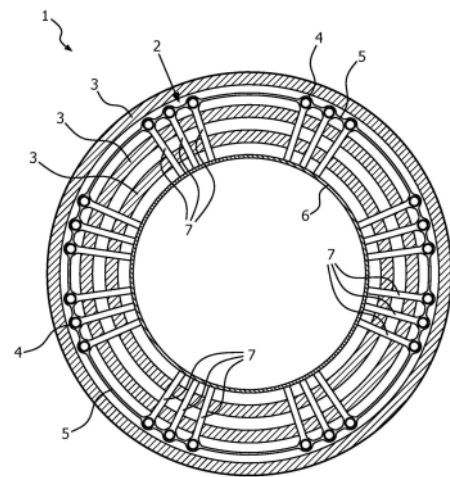
(54) 发明名称

冷却磁共振成像系统的梯度线圈

(57) 摘要

本发明涉及冷却磁共振成像系统(11)的梯度线圈(3)。本发明的一个目的是提供一种磁共振成像设备的具有梯度线圈(3)的改进的组件,该组件能够以可实现更均匀的温度分布和减少的热点影响的方式来冷却梯度线圈(3)。根据本发明,提供了一种磁共振成像系统的组件,该组件(1)包括至少一个梯度线圈(3)、用于冷却梯度线圈(3)的冷却装置(2)、以及RF屏蔽件(6),其中冷却装置(2)包括至少一个冷却管(4),至少一个冷却管(4)被构造成输送冷却流体(9)并且设置在梯度线圈(3)上并与梯度线圈(3)热接触,其中该组件还包括具有第一热连接器(7)和第二热连接器(5)中的至少一种的热连接器装置,第一热连接器(7)设置在RF屏蔽件(6)和至少一个冷却管(4)之间并且与RF屏蔽件(6)和至少一个冷却

管(4)热接触,从而在RF屏蔽(6)和至少一个冷却管(4)之间提供径向延伸的连接部,并且第二热连接器(5)固定到至少一个冷却管(4),从而在至少一个冷却管(4)中的第一冷却管的弯绕部之间和/或在至少一个冷却管(4)的不同管之间提供周向延伸的热连接部。



1. 一种磁共振成像系统的梯度线圈组件, 所述梯度线圈组件 (1) 包括至少一个梯度线圈 (3)、用于冷却所述梯度线圈 (3) 的冷却装置 (2)、以及 RF 屏蔽件 (6),

其中所述冷却装置 (2) 包括至少一个冷却管 (4), 所述至少一个冷却管 (4) 设置在所述梯度线圈 (3) 上并且被构造成输送冷却流体 (9), 所述至少一个冷却管 (4) 设置在所述 RF 屏蔽件 (6) 的外侧;

其中所述组件还包括热连接器装置, 所述热连接器装置具有设置在所述 RF 屏蔽件 (6) 和所述至少一个冷却管 (4) 之间的第一热连接器 (7), 从而提供从所述至少一个冷却管 (4) 到所述 RF 屏蔽件 (6) 的径向延伸的热连接部。

2. 根据权利要求 1 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述梯度线圈组件还包括:

固定到所述至少一个冷却管 (4) 的第二热连接器 (5), 从而在所述至少一个冷却管 (4) 中的第一冷却管的绕组之间和/或在所述至少一个冷却管 (4) 的不同冷却管之间提供周向延伸的热连接部。

3. 根据权利要求 2 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第一热连接器 (7) 径向地设置在所述组件中, 在所述梯度线圈 (3) 的外侧, 在所述梯度线圈 (3) 的两个纵向端部处。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第二热连接器 (5) 包括在所述第二热连接器 (5) 的纵向方向上的至少一个切口 (12), 从而形成冷却鳍片。

5. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第二热连接器 (5) 包括设置在所述至少一个冷却管 (4) 中的第一冷却管的绕组之间和/或在所述至少一个冷却管 (4) 的不同冷却管之间的多个第一热部分, 以及使所述第一热部分彼此热连接的多个第二热部分。

6. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第二热连接器 (5) 在用于设置所述至少一个冷却管 (4) 的平面中具有平面延伸部。

7. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第二热连接器 (5) 包括以交错布置方式设置在所述至少一个管 (4) 之间的多个热部分。

8. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第一热连接器 (7) 和/或所述第二热连接器 (5) 结合和/或焊接和/或粘合到所述至少一个冷却管 (4) 上。

9. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第一热连接器 (7) 和/或所述第二热连接器 (5) 焊接在环绕所述至少一个冷却管 (4) 的环上。

10. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第一热连接器 (7) 和/或所述第二热连接器 (5) 由导热率高于环氧树脂的材料制成。

11. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第一热连接器 (7) 和/或所述第二热连接器 (5) 由柔性热导体材料制成。

12. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第一热连接器 (7) 和/或所述第二热连接器 (5) 包括铜带。

13. 根据权利要求 2 或 3 所述的梯度线圈组件, 其特征在于, 所述第一热连接器 (7) 和/或所述第二热连接器 (5) 由导热陶瓷材料制成。

14. 一种具有根据前述权利要求中的任一项所述的梯度线圈组件 (1) 的磁共振成像系统。

15. 一种用于冷却磁共振成像系统的梯度线圈 (3) 的方法, 所述方法包括以下步骤:

提供梯度线圈组件(1),所述梯度线圈组件(1)具有用于冷却所述梯度线圈(3)的冷却装置(2)、以及RF屏蔽件(6),

为所述冷却装置(2)提供至少一个冷却管(4),所述至少一个冷却管(4)设置在所述梯度线圈(3)上并且被构造成输送冷却流体(9),所述至少一个冷却管(4)设置在所述RF屏蔽件(6)的外侧;

为所述冷却装置(2)提供在所述RF屏蔽件和所述至少一个冷却管(4)之间径向延伸的热连接部。

冷却磁共振成像系统的梯度线圈

技术领域

[0001] 本发明涉及一种磁共振成像(MRI)系统的组件,该组件包括至少一个梯度线圈、用于冷却梯度线圈的冷却装置、以及RF屏蔽件,本发明涉及具有这种组件的磁共振成像系统,并且涉及用于冷却磁共振成像系统的梯度线圈的方法。

背景技术

[0002] 梯度线圈通常由电线环圈或薄导电片构成,梯度线圈设置在紧邻MRI系统的孔的内侧放置的圆柱形壳体上。当电流通过这些线圈时,产生次级磁场。该次级磁场构成叠加在主磁场上的梯度场,从而使质子的共振频率随着位置而变化。以这种方式,磁共振信号的空间编码变得可能。此外,梯度线圈还用于不同的生理技术,诸如磁共振血管造影、弥散和灌注成像。

[0003] 过去,用于MRI系统的梯度线圈通常包括缠绕在由玻璃纤维制成并涂有环氧树脂的圆柱体上的单独的电线。虽然对于某些应用而言这种梯度线圈仍然在使用,但是现有的MRI系统通常包括指纹图案的分布式绕组,该分布式绕组由多个薄金属条或被蚀刻成复杂图案的大铜片组成,并且被施加到圆柱体上。

[0004] 当检查对象经受检查时,沿着MRI系统的内孔的壁通常变热。当电流通过梯度线圈时,这种加热主要由涡流和电阻加热引起。这种梯度线圈通常由功率强大的脉冲宽度调制放大器驱动,其峰值线圈驱动电压高达2000V,并且电流超过600A。因此,产生大量热,并且最高内部线圈温度达到55至60℃。操作梯度线圈所需的功率与其半径的五次幂成比例,这意味着对于现代的宽口径系统而言,梯度线圈的设计和梯度线圈的冷却甚至更加困难。

[0005] 在这种情况下,对于MRI系统中的所有梯度线圈,通常使用流体冷却来减少加热效果。通常,来自热交换泵的水或水-乙二醇溶液用作冷却流体,其通过MRI系统的冷却装置的冷却管循环,冷却管与梯度线圈导热接触。

[0006] 除了梯度线圈本身的加热之外,热量还源自MRI系统的射频屏蔽件(RF屏蔽件)的涡流加热。RF屏蔽件通常是与检查对象最接近的金属结构,并且通常包括位于RF线圈表面、并且紧邻MRI系统的孔的内树脂壁下方的网格。

[0007] 当向靠近的梯度线圈绕组供应波动的大电流时,由于欧姆加热和树脂材料的低导热率,造成了不均匀的温度场和热点。通过修改梯度线圈绕组的设计和/或通过将导热性能更好的氧化铝-陶瓷材料用于其上设置有梯度线圈的圆柱体,可以在部件工作台水平(component bench level)处实现散发热量和减少梯度线圈中的热点的常规方法。

[0008] 此外,如US2013/0075068A1中所述,可以改善梯度线圈组件的树脂材料的导热率。根据该文献,用于设置在梯度线圈的两个扁平线圈之间的冷却装置具有至少一个第一箔和至少一个第二箔,第一箔和第二箔在某些区域中彼此连接,使得形成用于冷却流体的连续冷却通道。冷却通道是分支的,由此在冷却装置的厚度小的情况下产生冷却效果。

[0009] 另外,在US2008/0024134A1中,描述了改进的冷却回路以解决该问题。该文献描述了一种用于制造梯度线圈的冷却装置的方法,该冷却装置具有至少一个柔性冷却管,该柔

性冷却管设置在承载板上、根据预定图案构造,该至少一个冷却管最初具有圆形横截面,根据预定图案铺设,并且被压平以使其横截面永久变形。US2011/0074419A1公开了一种包括静态磁场磁体的MRI设备,该静态磁场磁体在将要放置对象的成像区域中生成静态磁场。在主线圈的内侧上设置RF线圈侧冷却系统,该冷却系统包括多个冷却管,使冷却液在管中循环。然而,在这些方式中,不期望的热点和不均匀温度场的影响不能被足够有效地减少。US2005093543公开了在梯度线圈和蛇形冷却管之间包含磁性导热的散热器基板,以减少电子部件中的局部热点,从而在线圈中提供更低的温度和更均匀的温度分布。然而,包含散热器基板将增加梯度线圈组件的厚度并因此减小MRI系统的孔尺寸,更不用说使梯度线圈组件的制造复杂化并相应地增加成本。

发明内容

[0010] 本发明的一个目的是提供一种磁共振成像(MRI)设备的、热管理得到改善的梯度线圈组件。

[0011] 该目的通过一种磁共振成像系统的组件来实现,该组件包括至少一个梯度线圈、用于冷却梯度线圈的冷却装置、以及RF屏蔽件,其中冷却装置包括至少一个冷却管,该至少一个冷却管被构造为输送冷却流体并且设置在梯度线圈上并与梯度线圈热接触,其中该组件还包括具有第一热连接器和第二热连接器中的至少一种的热连接器装置,第一热连接器设置在RF屏蔽件和至少一个冷却管之间,并且与RF屏蔽件和至少一个冷却管热接触,从而在RF屏蔽件和至少一个冷却管之间提供径向延伸的热连接部,并且第二热连接器固定到至少一个冷却管并与其热接触,从而在至少一个冷却管的不同弯绕部之间和/或在至少一个冷却管的不同管之间提供周向延伸的热连接部。

[0012] 因此,本发明提出通过至少提供第一热连接器和/或第二热连接器来改善热管理。根据本发明的一个方面,目的是通过由第一热连接器在冷却装置与RF屏蔽件之间构建热桥的方式来冷却RF屏蔽件。考虑到隔热,本发明允许围绕最热层在径向方向上构建热桥。根据本发明的另一个方面,根据梯度线圈的线圈图案,梯度线圈的电线填充区域(wire populated area)的温度将高于梯度线圈的其它位置的温度。因此,由第二热连接器围绕热点在圆周方向上构建热桥应该有助于实现更均匀的温度分布。通过将热桥直接固定到冷却管,热桥优选地结合或焊接或粘合在冷却管上,热桥基本上定位在用于设置冷却管的平面中,因此梯度线圈组件的厚度没有增加。由于紧凑的热装置,因此温度场的均匀性得到改善并且热点减少,而无需增加MRI系统的孔尺寸。

[0013] 另外,根据本发明的冷却设计至少可以以两种不同的方式使用。在已经制造了根据某些规格的梯度线圈并且在使用期间发现了热点的情况下,可以根据梯度线圈的识别出的热点来设置热连接器,以便改善其性能。替代地或另外地,也可以在梯度线圈的设计阶段期间通过模拟来识别可能的热点,并且可以将热连接器放置在通过模拟识别出的热点上以改善冷却。如本领域技术人员所知悉的,根据本发明的冷却装置可以应用于梯度线圈组件的常规制造工艺,而不需要或仅需要很少修改。

[0014] 通常,根据本发明,可以以不同的方式来设计和设置第一热连接器。根据本发明的一个实施方式,热连接器装置包括至少两个第一热连接器,其径向地设置在梯度线圈外侧的两个纵向端部处,从而使RF屏蔽件与冷却管热连接。因此,在该设计中,这两个第一热连

接器不经过梯度线圈。就这一点,梯度线圈和RF屏蔽件优选嵌入树脂材料中,优选是环氧树脂材料,其中这两个第一热连接器使用梯度线圈外侧的两端处的树脂材料的空闲空间。以这种方式,可以以有效的方式实现进一步的冷却。

[0015] 根据本发明,也可以以不同方式设计和设置第二热连接器。然而,根据本发明的优选实施方式,冷却管之间和/或某个冷却管的不同弯绕部之间的第二热连接器包括在第二热连接器的纵向方向上的至少一个切口,从而形成远离冷却管与第二热连接器的接触点延伸的冷却鳍片(cooling fin)。因此,根据该设计,热连接器不是将热量从组件的一部分传导到组件的另一部分,而是有助于向组件的周围环境散发热量,从而通过增加冷却区域的尺寸来起到冷却鳍片的作用。

[0016] 此外,根据本发明的优选实施方式,第二热连接器包括设置在至少一个冷却管(4)上的多个纵向热部分,以及使纵向热部分彼此热连接的多个水平热部分。这可以是进一步的措施,以便增加散热以改善组件的冷却。就这一点,特别优选的是,冷却管之间和/或冷却管的弯绕部之间的第二热连接器在用于设置至少一个冷却管(4)的平面中具有平面延伸部。

[0017] 另外,根据本发明的优选实施方式,第二热连接器(5)包括以交错布置方式设置在至少一个管(4)上的多个热部分。此外,为了固定第一热连接器和第二热连接器,应用了不同的可能性。优选地,第一热连接器和/或第二热连接器结合和/或焊接和/或粘合到冷却管上。该措施允许有效的冷却,同时易于制造。在这方面,特别优选的是,第一热连接器和/或第二热连接器焊接在围绕至少一个冷却管(4)的金属环上。

[0018] 根据本发明的优选实施方式,第一热连接器和/或第二热连接器由金属制成。更优选地,第一热连接器和/或第二热连接器由柔性热导体材料制成。优选地,第一热连接器和/或第二热连接器包括铜带。铜带不构成闭环,并且通常不会产生感应热。

[0019] 或者,根据本发明的优选实施方式,第一热连接器和/或第二热连接器由导热陶瓷材料制成。该设计的优点在于,由于缺少金属部件,因此不存在对梯度均匀性的影响。

[0020] 通常,可以以不同的方式设计第一热连接器和/或第二热连接器与冷却管的连接部。然而,根据本发明的优选实施方式,第一热连接器和/或第二热连接器的固定到冷却管的部分周向地覆盖冷却管。以这种方式,实现了大的接触面积,这进一步有助于使热量散发。

[0021] 此外,本发明还涉及一种具有如上所述组件的磁共振成像系统。

[0022] 此外,本发明还涉及一种用于冷却磁共振成像系统的梯度线圈的方法,该方法包括以下步骤:提供组件,该组件具有用于冷却梯度线圈的冷却装置、以及RF屏蔽件,并且为冷却装置提供至少一个冷却管,该至少一个冷却管输送冷却流体并且与梯度线圈热接触,其中,提供包括第一热连接器和第二热连接器中的至少一种的热连接器装置,第一热连接器设置在RF屏蔽件和至少一个冷却管之间并且与RF屏蔽件和至少一个冷却管热接触,从而使RF屏蔽件与至少一个冷却管热连接,并且第二热连接器(5)设置在至少一个冷却管上并与其热接触,从而使至少一个冷却管中的第一冷却管的弯绕部热连接和/或使至少一个冷却管中的第二冷却管与至少一个冷却管中的第三冷却管热连接。

[0023] 该方法的优选实施方式涉及如上所述的磁共振成像系统的组件的优选实施方式。

附图说明

[0024] 参考下文描述的实施方式,本发明的这些和其它方面将变得明显并得以阐明。然而,这些实施方式不一定代表本发明的全部范围,因此参考权利要求并且在此用于解释本发明的范围。

[0025] 在附图中:

[0026] 图1是根据本发明的一个实施方式的MRI系统的示意性纵向剖视图;

[0027] 图2是根据本发明的一个实施方式的包括冷却系统的另一个组件的示意性横截面前视图;

[0028] 图3是根据本发明的另一个实施方式的具有第二热连接器的冷却管的示意性透视图;

[0029] 图4是根据本发明的另一个实施方式的具有第二热连接器的冷却管的示意性透视图;

[0030] 图5是根据本发明的另一个实施方式的具有第二热连接器的冷却管的示意性透视图;

[0031] 图6是根据本发明的另一个实施方式的具有第二热连接器的冷却管的示意性透视图;

[0032] 图7是根据本发明的另一个实施方式的具有第二热连接器的冷却管的示意性透视图;

[0033] 图8是根据本发明的另一个实施方式的被第二热连接器环绕的冷却管的示意图;

[0034] 图9是本发明的一个实施方式的示意图,根据该实施方式,第二热连接器焊接在金属环上;并且

[0035] 图10是根据本发明的另一个实施方式的具有非金属隔热层的金属层隔离冷却管的示意图。

具体实施方式

[0036] 在图1中,描绘了根据本发明的一个实施方式的MRI系统11的示意性纵向截面图。MRI系统11包括组件1,组件1具有梯度线圈3、用于冷却梯度线圈3的冷却装置2、以及RF屏蔽件6。冷却装置2包括冷却管4,类似水的冷却流体9在冷却管4中流动,并且冷却管4与梯度线圈3热接触。梯度线圈3和冷却装置2嵌入树脂材料19中。

[0037] 该MRI系统还包括磁体14、RF发射线圈15、RF接收线圈16和冷却间隙17,冷却间隙17用于使冷却空气到达RF发射线圈15与RF屏蔽件6之间的区域。例如患者的检查对象10可以位于患者支撑件13上。利用该患者支撑件13,检查对象10可以被设置在MRI系统11中的检查区域18中,检查区域18被磁体14、受到冷却的梯度线圈3、RF屏蔽件6、RF发射线圈15和RF接收线圈16包围,以用于MRI检查。

[0038] 根据本发明的该优选实施方式,两个第一热连接器7设置在RF屏蔽件6和至少一个冷却管4之间并且与RF屏蔽件6和至少一个冷却管4热接触,从而使RF屏蔽件6与该冷却管4热连接。第一热连接器7径向地设置在梯度线圈3外侧的两个纵向端部处,从而使RF屏蔽件6与其中一个冷却管4热连接。因此,两个第一热连接器7不经过冷却管4。这样,可以以有效的方式实现进一步的冷却。

[0039] 从图2中,可以看到根据本发明的另一个实施方式的另一个组件1的示意性横截面前视图。图2示出了梯度线圈3,其包括与冷却装置2一起嵌入树脂材料19中的三个线圈绕组层。冷却装置2包括固定到不同的冷却管4的第二热连接器5,从而使不同的冷却管4以导热方式彼此连接。根据本发明,还可能的是,第二热连接器5固定到一个冷却管4的不同弯绕部,从而使冷却管4的这些不同弯绕部以导热方式连接。应该注意,这两种可能性也可以组合在一个单一的实施方式中。

[0040] 此外,除了第二热连接器5之外,根据图2所示的优选实施方式,还提供了使冷却管4与RF屏蔽件6以热连接方式连接的第一热连接器7。在这方面,图2的实施方式涉及图1所示的实施方式。如上面已经叙述的,第一热连接器7不经过梯度线圈3。相反,第一热连接器7设置在梯度线圈3的纵向端部处,在梯度线圈3的外侧。

[0041] 图3至图7示出了根据本发明的不同优选实施方式的具有第二热连接器7的冷却管的透视图。从图3中可以看出,不同冷却管4之间的第二热连接器5在用于设置冷却管4的平面中具有平面延伸部。同时,根据图3的布置结构,第二热连接器7连接不同的冷却管4,以便允许冷却管4之间的热传递,在图4的布置结构中,不同冷却管4之间的第二热连接器5包括在第二热连接器5的纵向方向上的切口12,从而形成冷却鳍片。以这种方式,从冷却管4传递到第二热连接器5中的热量可以散发到梯度线圈3的周围环境中。

[0042] 此外,图5的布置结构类似于图3的布置结构,但不同冷却管4之间的第二热连接器5彼此连接。这增强了有效的热传递,因此,允许均匀的温度分布。根据图6的优选实施方式,代替彼此连接的多个第二热连接器5,可以提供覆盖更大区域的单个第二热连接器5,并且因此也允许有效的热传递,从而提供有效的梯度线圈3冷却。

[0043] 如果提供多个第二热连接器5,则不同冷却管4之间的热连接器5中的至少一部分可以以交错布置方式设置。本发明的这种优选实施方式在图7中示出。

[0044] 对于之前描述的所有优选实施方式共同的是,第一热连接器7和/或第二热连接器5优选地结合和/或焊接到冷却管4上。就这方面,第一热连接器7和/或第二热连接器5优选地由柔性热导体材料制成。根据图3至图7所示的实施方式,铜带分别用于第一热连接器7和第二热连接器5。利用用于第一热连接器7和第二热连接器5的这种铜带,可以实现与冷却管4的紧密配合,这进一步支持从冷却管4分别到第一热连接器7和第二热连接器5中的有效热传递。然而,如上面已经提到的,本发明不限于将金属作为第一热连接器7和第二热连接器5的材料。或者,根据本发明的优选实施方式,第一热连接器7和/或第二热连接器5由导热率高于环氧树脂的任何材料制成,例如导热陶瓷材料。

[0045] 从图8可以得出,根据本发明的另一个优选实施方式,第二热连接器5在冷却管4周围成环。因此,根据该设计,第二热连接器5的固定到冷却管4的一部分周向地覆盖冷却管4。这优选地通过第二热连接器5使用柔性材料来实现。此外,这不仅是第二热连接器5的设计选项,也是第一热连接器7的设计选项。

[0046] 图9示出了本发明的一个实施方式,根据该实施方式,第二热连接器5焊接在金属环20上。为了将第二热连接器5固定到冷却管4,金属环20焊接或结合到冷却管4。至于参考图8描述的设计,该设计也可以应用于第一热连接器7。

[0047] 最后,图10是具有非金属隔热层21的金属层隔离冷却管4的图示。为了能够将第一热连接器7或第二热连接器5焊接到冷却管4上,隔热层21被部分地剥离,以提供用于分别固

定第一热连接器7或第二热连接器5的焊点22。对于该设计选项,第一热连接器7或第二热连接器5分别优选地由比如铜带的金属柔性热导体制成。

[0048] 虽然已经在附图和前面的描述中详细图示和描述了本发明,但是这些图示和描述应被认为是说明性或示例性的而非限制性的;本发明不限于所公开的实施方式。通过研究附图、公开内容和所附权利要求,本领域技术人员在实践所要求保护的发明时可以理解和实现所公开实施方式的其它变型。在权利要求中,词语“包括”不排除其它元件或步骤,并且不定冠词“一”或“一个”不排除多个。在相互不同的从属权利要求中陈述某些措施的仅有事实并不表示这些措施的组合不能用于获益。权利要求中的任何附图标记不应被解释为限制范围。

[0049] 附图标记列表

- [0050] 1 磁共振成像(MRI)系统的组件
- [0051] 2 冷却装置
- [0052] 3 梯度线圈
- [0053] 4 冷却管
- [0054] 5 第二热连接器
- [0055] 6 RF屏蔽件
- [0056] 7 第一热连接器
- [0057] 8 热连接器装置
- [0058] 9 冷却液
- [0059] 10 检查对象
- [0060] 11 MRI系统
- [0061] 12 切口
- [0062] 13 患者支撑件
- [0063] 14 磁体
- [0064] 15 RF发射线圈
- [0065] 16 RF接收线圈
- [0066] 17 冷却间隙
- [0067] 18 检查区域
- [0068] 19 树脂材料
- [0069] 20 金属环
- [0070] 21 隔热层
- [0071] 22 焊点

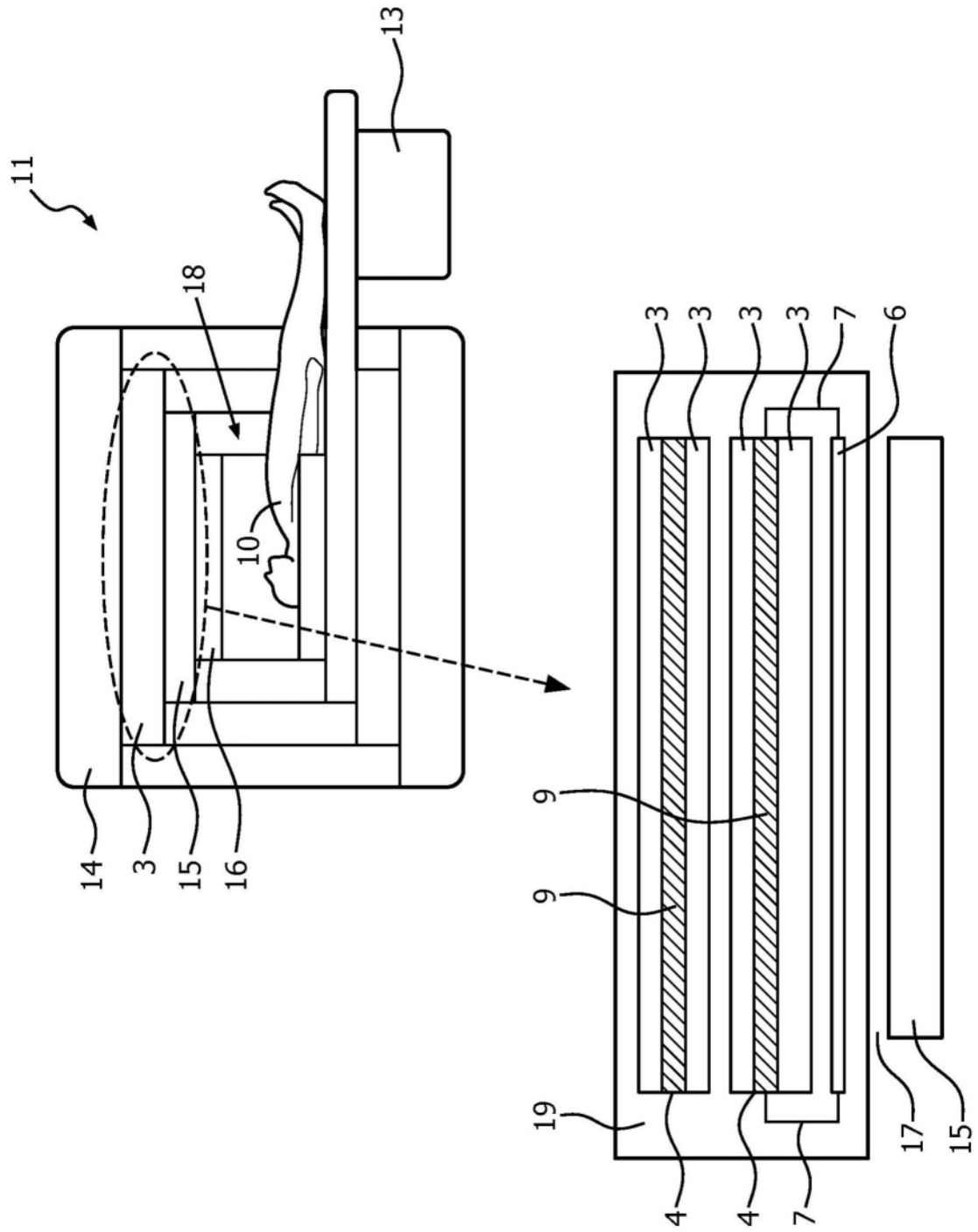


图1

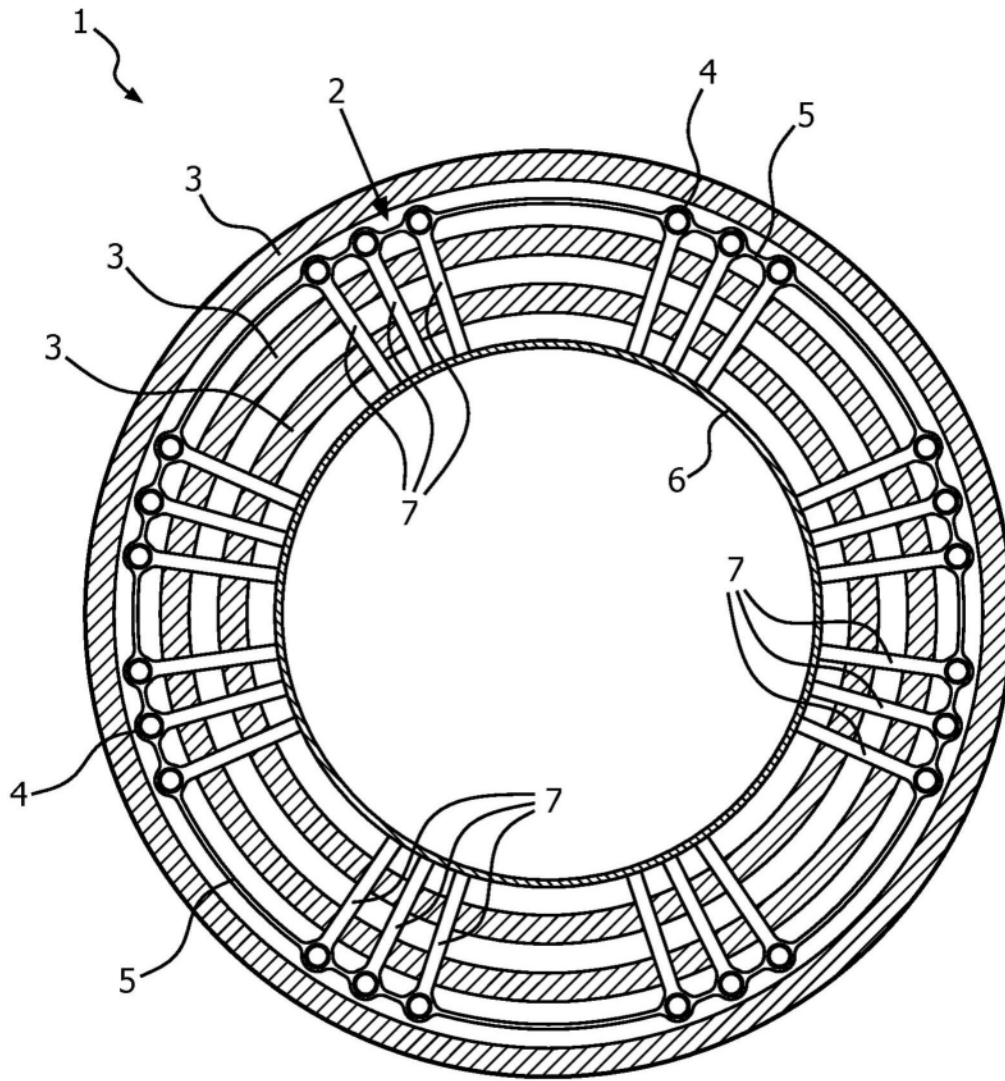


图2

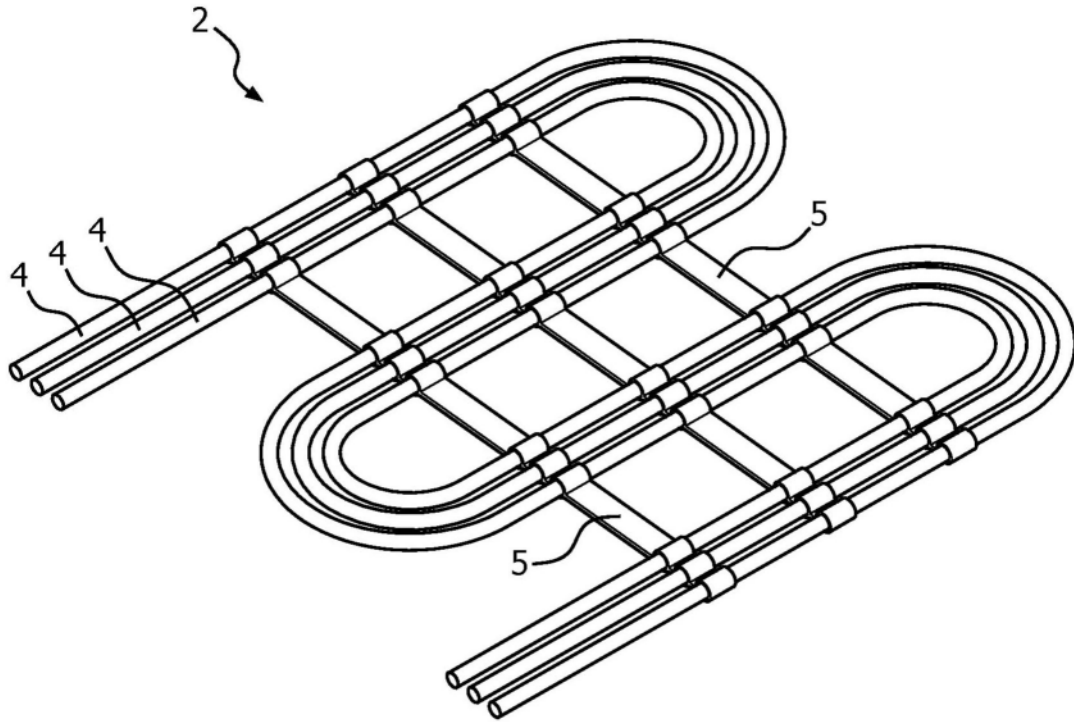


图3

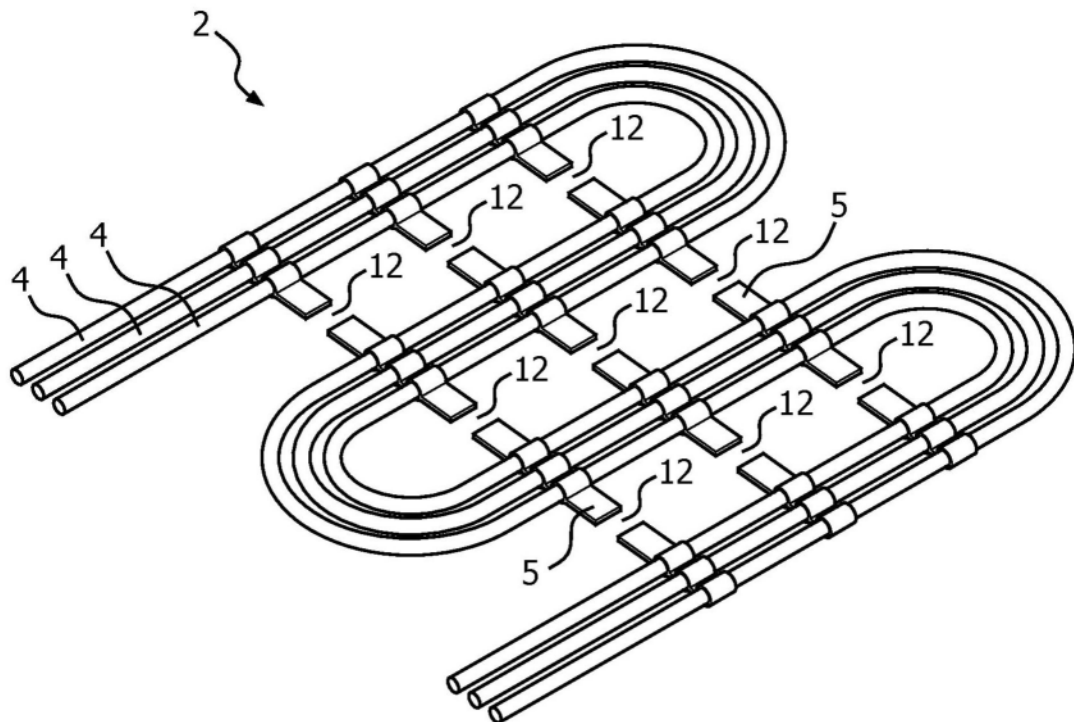


图4

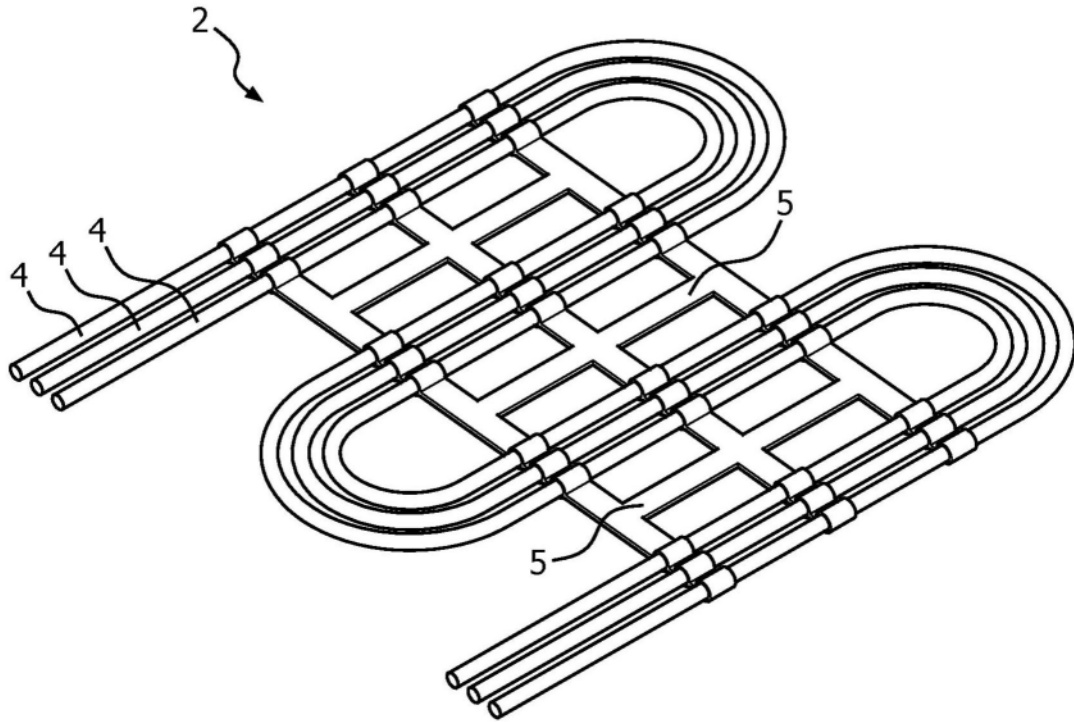


图5

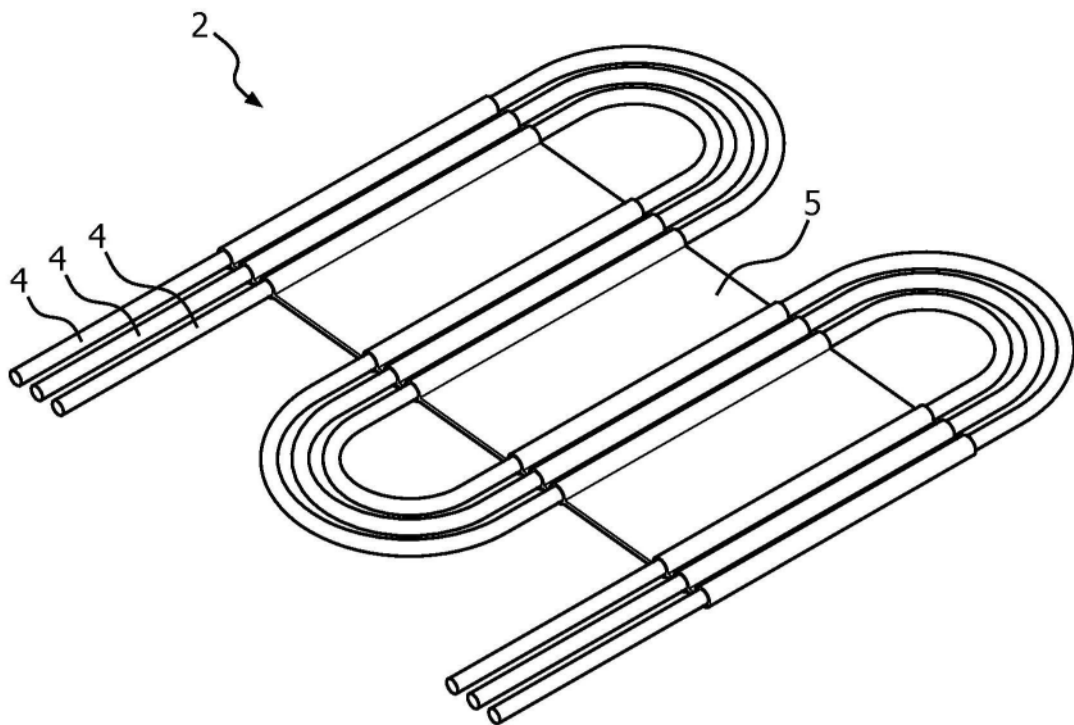


图6

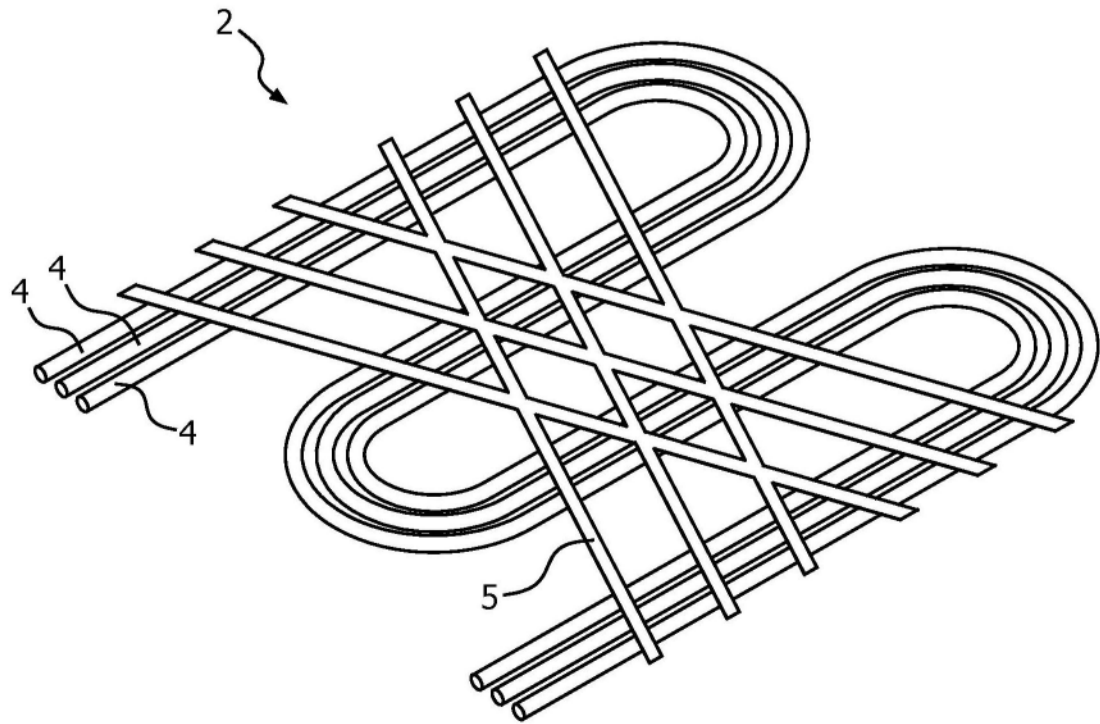


图7

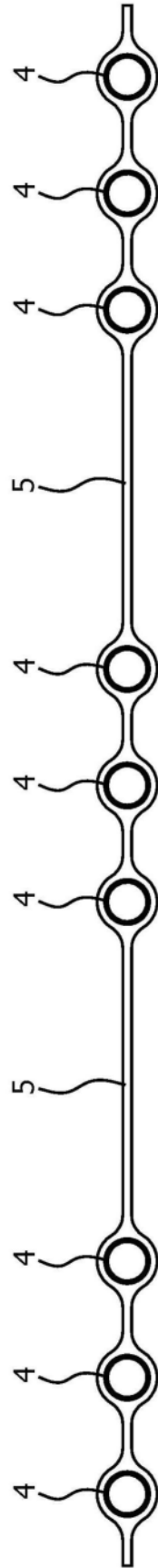


图8

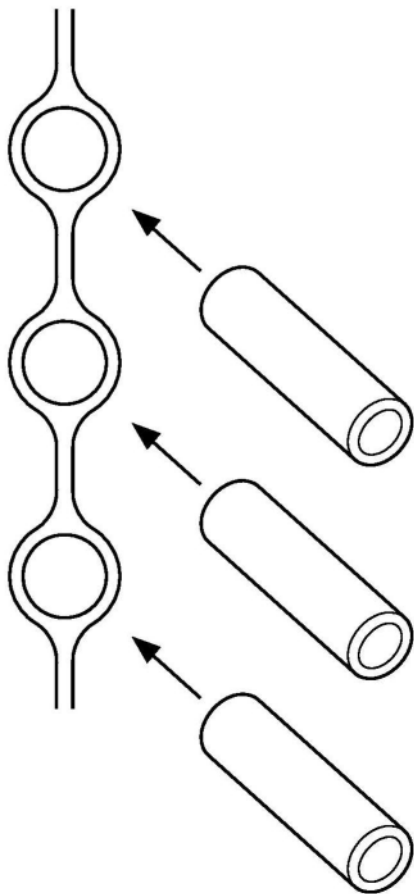


图9

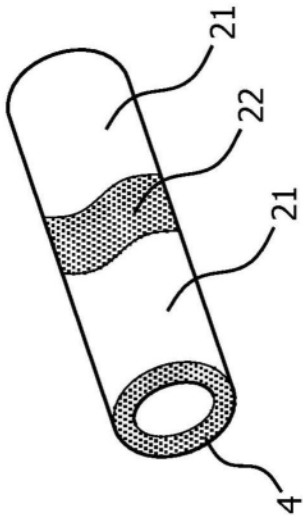


图10