



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119535316 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 28

(21) 申请号 202411191042.8

(22) 申请日 2024.08.28

(30) 优先权数据

23275129.7 2023.08.30 EP

(71) 申请人 英国西门子医疗系统有限公司

地址 英国

(72) 发明人 尼古拉斯·阿利

克里斯托弗·施特勒莱因

布鲁诺·皮尼奥·梅内塞斯

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限

公司 11227

专利代理师 邵盼

(51) Int. Cl.

G01R 33/421 (2006.01)

G01R 33/48 (2006.01)

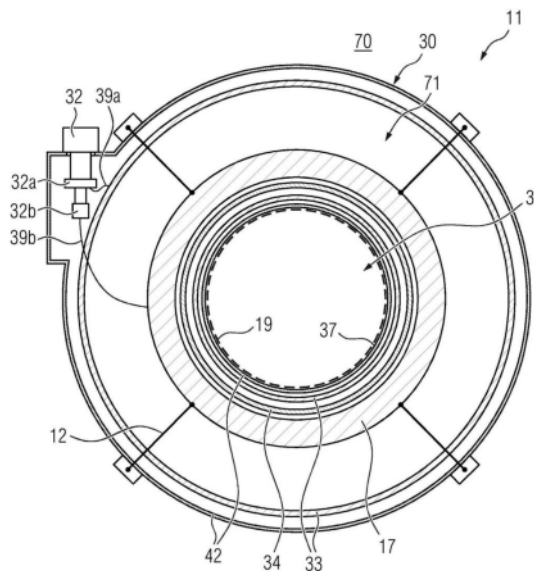
权利要求书2页 说明书14页 附图7页

(54) 发明名称

屏蔽装置和磁共振设备

(57) 摘要

本发明涉及屏蔽装置和磁共振设备,该屏蔽装置(30)用于磁共振设备(11),屏蔽装置(30)包括:主磁体(17),该主磁体(17)包括至少一个螺线管线圈;屏蔽结构(33),该屏蔽结构(33)形成为包括外壁和内壁的双壁中空筒状件;以及屏蔽管(34),该屏蔽管(34)被封围在主磁体(17)的至少一个螺线管线圈与屏蔽结构(33)的内壁之间,其中,主磁体(17)布置在屏蔽结构(33)的外壁与内壁之间,并且其中,屏蔽管(34)由屏蔽结构(33)机械地支承。该磁共振设备(11)包括本发明的屏蔽装置(30)。



1. 一种屏蔽装置(30),所述屏蔽装置(30)用于磁共振设备(11),所述屏蔽装置(30)包括:

主磁体(17),所述主磁体(17)包括至少一个螺线管线圈,
屏蔽结构(33),所述屏蔽结构(33)形成为包括外壁和内壁的双壁中空筒状件,以及
屏蔽管(34),所述屏蔽管(34)被封围在所述主磁体(17)的所述至少一个螺线管线圈与
所述屏蔽结构(33)的所述内壁之间,

其中,所述主磁体(17)布置在所述屏蔽结构(33)的所述外壁与所述内壁之间,并且

其中,所述屏蔽管(34)由所述屏蔽结构(33)机械地支承。

2. 根据权利要求1所述的屏蔽装置(30),其中,所述屏蔽管(34)包括在300K的温度下具有小于 $120\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的热导率的材料。

3. 根据权利要求1或2所述的屏蔽装置(30),包括热连接至所述屏蔽管(34)和所述屏蔽结构(33)的挠性热导体。

4. 根据前述权利要求中的一项所述的屏蔽装置(30),包括机械地连接至所述屏蔽结构(33)和所述屏蔽管(34)的至少一个间隔件(43),其中,所述至少一个间隔件(43)构造在所述屏蔽结构(33)的所述内壁与所述屏蔽管(34)之间保持预定距离。

5. 根据权利要求4所述的屏蔽装置(30),其中,所述至少一个间隔件(43)占据所述屏蔽结构(33)的所述内壁与所述屏蔽管(34)之间的整个容积。

6. 根据权利要求4所述的屏蔽装置(30),包括至少两个间隔件(43),所述至少两个间隔件(43)沿着由所述主磁体(17)的所述至少一个螺线管线圈限定的轴向方向间隔开,以在所述屏蔽结构(33)的所述内壁与所述屏蔽管(34)之间提供间隙。

7. 根据权利要求4或6中的一项所述的屏蔽装置(30),其中,所述至少一个间隔件(43)和/或所述屏蔽管(34)包括多个层。

8. 根据权利要求7所述的屏蔽装置(30),其中,所述多个层中的至少一个层包括金属涂层。

9. 根据权利要求4至8中的一项所述的屏蔽装置(30),其中,所述至少一个间隔件(43)和/或所述屏蔽管(34)包括阻尼元件,并且/或者其中,所述至少一个间隔件(43)布置成减少所述屏蔽结构(33)与所述屏蔽管(34)之间的机械能的传递。

10. 根据权利要求4至8中的一项所述的屏蔽装置(30),其中,所述至少一个间隔件(43)和/或所述屏蔽管(34)包括刚性材料,并且/或者其中,所述至少一个间隔件(43)布置成改善所述屏蔽结构(33)与所述屏蔽管(34)之间的机械能的传递。

11. 根据权利要求4至10中的一项所述的屏蔽装置(30),其中,所述屏蔽结构(33)包括多个层,并且其中,所述多个层中的至少一个层构造根据所述屏蔽管(34)的机械共振行为来修改所述屏蔽结构(33)的机械共振行为。

12. 根据权利要求11所述的屏蔽装置(30),其中,所述屏蔽结构(33)的所述至少一个层构造增加所述屏蔽结构(33)的刚度。

13. 根据前述权利要求中的一项所述的屏蔽装置(30),包括梯度系统(19),所述梯度系统(19)包括至少一个梯度线圈,所述至少一个梯度线圈构造在由所述屏蔽结构(33)的所述内壁周向地包围的容积中产生梯度磁场,其中,所述屏蔽管(34)与所述梯度线圈隔开,以减小经由所述梯度磁场的杂散场在所述屏蔽管(34)中感应的遮蔽电流。

14. 根据前述权利要求中的一项所述的屏蔽装置(30),包括封围所述主磁体(17)的制冷剂器皿(31),其中,所述制冷剂器皿(31)的内径超过所述屏蔽管(34)的直径,并且其中,所述制冷剂器皿(31)周向地包围所述屏蔽管(34)。

15. 一种磁共振设备(11),所述磁共振设备(11)构造成执行定位在所述磁共振设备(11)的成像区域(36)内的对象的磁共振测量,所述磁共振设备(11)包括梯度系统(19),所述梯度系统(19)包括至少一个梯度线圈和根据前述权利要求中的一项所述的屏蔽装置(30)。

屏蔽装置和磁共振设备

技术领域

[0001] 本发明涉及屏蔽装置和磁共振设备。

背景技术

[0002] 磁共振设备通常使用梯度系统对磁共振测量期间获取的磁共振信号进行空间编码。梯度系统通常包括构造成在由梯度线圈包围的成像容积中产生快速变化的梯度磁场的多个梯度线圈。不可避免地,梯度线圈还在梯度线圈的外部产生快速变化的杂散场。这些杂散场可以与磁共振设备的主磁体相互作用,该主磁体通常围绕梯度线圈布置。

[0003] 封围主磁体的屏蔽结构、比如制冷剂器皿或热屏蔽件通常由导电金属(例如铝或不锈钢)制成。当来自梯度线圈的快速变化的杂散场穿过导电材料时产生涡流。这些涡流在屏蔽结构的导电表面上产生欧姆加热,并且增加了经由低温制冷系统提供的冷却的需求。尽管涡流将主磁体屏蔽成免受梯度线圈的快速变化的杂散场的影响,但是涡流与制冷剂器皿的导电表面的磁机械相互作用产生次级磁场,从而导致磁共振设备的主磁体和其他低温表面中的高水平加热。

[0004] 常规的磁共振设备包括具有两个不同冷却级的低温冷却器:大约50K的第一冷却级,用于使热屏蔽件冷却;以及大约4K的第二冷却级,用于使容纳在制冷剂器皿内的制冷剂冷却以及/或者将主磁体保持在超导温度下。低温冷却器的第二冷却级通常提供非常低的冷却能力、例如在1W与2W之间的冷却能力。第二冷却级处的增加的热负荷可能是至关重要的,因为可能难以维持超导温度。即使与超导温度的微小偏差也会导致磁体失超,特别是在“干式”系统中,该“干式”系统不包括大量用作热缓冲器的制冷剂。另一方面,在“湿式”系统中,增加的热负荷可能导致高水平的制冷剂汽化,这也是不期望的。

[0005] 因此,与涡流相关联的热负荷可能限制允许的梯度性能。此外,导电表面上的涡流还可以在磁共振设备的成像容积中产生磁场(即次级磁场)。这些次级磁场会干扰主磁场的均匀性并损害所获取的磁共振图像的质量。

发明内容

[0006] 本发明的目的是在不损害图像质量的情况下减少磁共振设备的被低温冷却的部件上的热负荷。

[0007] 该目的通过根据本发明的屏蔽装置和磁共振设备来实现。在本发明的从属方面中具体说明了其他有利的实施方式。

[0008] 本发明的用于磁共振设备的屏蔽装置包括:主磁体,该主磁体包括至少一个螺线管线圈;屏蔽结构,该屏蔽结构形成为包括外壁和内壁的双壁中空筒状件;以及屏蔽管,该屏蔽管被封围在主磁体的至少一个螺线管线圈与屏蔽结构的内壁之间。

[0009] 主磁体可以包括一个或更多个超导磁体。在优选实施方式中,主磁体包括一个或更多个螺线管超导线圈或筒形超导线圈。一个或更多个螺线管超导线圈或筒形超导线圈可以是旋转对称的或包括旋转对称本体。根据实施方式,每个螺线管超导线圈或筒形超导线圈

圈包括布置在主磁体的旋转对称轴线上的旋转对称轴线。主磁体可以包括专用支承结构，该专用支承结构构造成承载主磁体并且/或者向主磁体提供支承。如本文中所使用的术语“主磁体”可以包括一个或更多个螺线管超导线圈以及专用支承结构。

[0010] 屏蔽结构可以构造成将主磁体屏蔽成免受由梯度系统产生的杂散场的影响。屏蔽结构还可以构造成减少热能向主磁体的传输。热能的传输可以通过诸如热辐射、热传导以及热对流之类的热传输机制来表征。屏蔽结构、特别是屏蔽结构的外壁可以周向地包围主磁体。

[0011] 屏蔽结构可以形成封围主磁体和屏蔽管的器皿。在优选实施方式中，热屏蔽件包括外壁、内壁以及连接外壁和内壁的环形端部壁。特别地，热屏蔽件可以形成将主磁体和屏蔽管封围在外壁、内壁与环形端部壁之间的双壁中空筒状件。屏蔽结构可以包括平行于或对应于由主磁体的至少一个螺线管线圈限定的旋转对称轴线定向的旋转对称轴线。

[0012] 优选地，屏蔽结构包括具有高导电性和/或高热导率的材料或者由具有高导电性和/或高热导率的材料组成。例如，屏蔽结构可以由铜或铝、特别是高纯度铝组成。屏蔽结构还可以包括金、铂、银或具有高导电性的其他金属。在一个实施方式中，屏蔽结构用具有高导电性和/或高热导率的材料进行涂覆或电镀。

[0013] 屏蔽结构可以构造成将主磁体屏蔽成免受(电)磁场、特别是由梯度系统产生的电磁场的影响。例如，屏蔽结构可以构造成允许根据电磁场沿着屏蔽结构的导电表面产生涡流或遮蔽电流。特别地，屏蔽结构可以包括导电层，该导电层允许根据初级电磁场例如梯度磁场、特别是梯度磁场的杂散场产生涡流。所产生的涡流可以产生与第一电磁场相反的第二(电)磁场。特别地，第一电磁场和第二电磁场可以在一定程度上彼此抵消，从而提供屏蔽效果。

[0014] 屏蔽结构的外壁和内壁可以各自包括连续或连贯的表面。在替代性实施方式中，屏蔽结构的外壁和/或内壁可以包括多个隔开的屏蔽元件或环或者由多个隔开的屏蔽元件或环组成。屏蔽结构还可以包括盘绕线材的一个或更多个部段。

[0015] 在优选实施方式中，屏蔽结构以符合主磁体的形状的方式成形。例如，屏蔽结构的表面轮廓可以模仿或符合主磁体的表面轮廓。

[0016] 根据实施方式，本发明的屏蔽装置包括外部真空室。外部真空室可以表示诸如液体或气态制冷剂之类的流体基本上不可透过的器皿。外部真空室可以封围屏蔽装置的其他部件比如制冷剂器皿、屏蔽结构、屏蔽管、主磁体等。

[0017] 根据实施方式，外部真空室包括外壳、内壳以及连接外壳和内壳的环形端部壁。特别地，外部真空室可以形成双壁中空筒状件，该双壁中空筒状件将主磁体和屏蔽结构封围在外壳、内壳与环形端部壁之间。外部真空室可以包括平行于或对应于由主磁体的至少一个螺线管线圈限定的旋转对称轴线定向的旋转对称轴线。外部真空室的内壳可以对应于磁共振设备的患者孔。

[0018] 在优选实施方式中，外部真空室构造成向屏蔽结构和/或主磁体提供机械支承。例如，主磁体和/或屏蔽结构可以悬置于外部真空室或由外部真空室承载。

[0019] 屏蔽结构可以构造成阻挡来自外部真空室的外壳、内壳和环形端部壁的方向的热辐射。

[0020] 屏蔽管可以包括管状形状或筒形形状。例如，屏蔽管可以包括中空筒状件的形状。

优选地,屏蔽管不形成封围主磁体的器皿或容器。

[0021] 屏蔽管可以包括在300K的温度下具有中间导电性的材料或由在300K的温度下具有中间导电性的材料组成。根据实施方式,屏蔽管包括在300K的温度下具有小于 $120\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、小于 $100\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 或小于 $80\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的热导率的材料或由在300K的温度下具有小于 $120\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、小于 $100\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 或小于 $80\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的热导率的材料组成。例如,屏蔽管可以由钢或不锈钢组成。然而,屏蔽管可以包括其他材料特别是具有高导电性的金属、比如铜或铝或者由其他材料特别是具有高导电性的金属、比如铜或铝组成。

[0022] 在提供包括具有中间导电性的材料或由具有中间导电性的材料组成的屏蔽管时,可以有利地降低屏蔽装置的制造成本。此外,可以有利地避免可能对图像质量产生负面影响的长时间恒定涡流的发生。

[0023] 在优选实施方式中,屏蔽管布置在主磁体与屏蔽结构的内壁之间。然而,屏蔽管也可以布置在制冷剂器皿的内壁与屏蔽结构的内壁之间。

[0024] 根据本发明,主磁体布置在屏蔽结构的外壁与内壁之间。例如,主磁体可以被封围在由屏蔽结构的外壁、内壁以及环形端部壁形成的器皿中。然而,主磁体也可以被封围在制冷剂器皿中,该制冷剂器皿被封围在屏蔽结构的外壁与内壁之间。

[0025] 屏蔽管由屏蔽结构机械地支承。优选地,屏蔽管由屏蔽结构的内壁机械地支承。

[0026] 根据实施方式,本发明的屏蔽装置包括机械地连接至屏蔽结构和屏蔽管的至少一个间隔件。至少一个间隔件构造成在屏蔽结构的内壁与屏蔽管之间保持预定距离。

[0027] 至少一个间隔件可以布置在屏蔽结构的内壁与屏蔽管之间。优选地,至少一个间隔件构造成将屏蔽管在预定相对位置中固定至屏蔽结构。

[0028] 至少一个间隔件可以至少沿着内管或内壁的圆周的一部分周向地包围屏蔽结构的内壁或内管。例如,至少一个间隔件可以被实现为环、多个环、中空筒状件、多个中空筒状件、或者环或中空筒状件的区段。

[0029] 根据实施方式,至少一个间隔件的径向外表面连接至屏蔽管,而至少一个间隔件的径向内表面连接至屏蔽结构的内管或内壁。

[0030] 至少一个间隔件可以构造成在屏蔽管与屏蔽结构之间提供力锁定机械连接。例如,至少一个间隔件的径向尺寸可以相对于屏蔽管的内径过大。因此,至少一个间隔件可以对屏蔽结构和屏蔽管施加力,从而将屏蔽管在预定相对位置中固定至屏蔽结构。然而,至少一个间隔件还可以包括凹部或切口,该凹部或切口构造成容纳屏蔽管的一部分并提供与屏蔽管的形状锁定连接。还可以设想的是,至少一个间隔件经由粘合剂、优选地导热粘合剂材料结合至屏蔽管和/或屏蔽结构。然而,屏蔽结构、至少一个间隔件和屏蔽管可以经由任何合适的形状锁定、力锁定和/或材料连接而机械地连接。

[0031] 在优选实施方式中,至少一个间隔件包括导热材料或由导热材料组成。特别地,至少一个间隔件可以构造成经由热传导在屏蔽管与屏蔽结构之间传输热能。

[0032] 布置在屏蔽管与屏蔽结构之间的至少一个间隔件可以有利地允许对屏蔽装置、特别是屏蔽结构的机械共振行为或机械共振轮廓进行调节。例如,至少一个间隔件可以构造成改善或衰减屏蔽管与屏蔽结构之间的机械能的传递。因此,屏蔽结构的共振频率可以独立于屏蔽结构的设计而根据需要被有利地调节。

[0033] 此外,至少一个间隔件可以有利地允许对屏蔽管与屏蔽结构之间的热能的交换进

行调节。特别地,至少一个间隔件可以构造成在屏蔽管与屏蔽结构之间提供热连接和机械连接。因此,可以有利地避免用于对屏蔽管提供机械支承和/或在屏蔽结构与屏蔽管之间提供热接触的附加部件。

[0034] 在优选实施方式中,屏蔽管构造成减少主磁体的至少一个螺线管线圈上的热负荷。

[0035] 即使屏蔽管优选地包括具有中间导电性的材料或由具有中间导电性的材料组成,屏蔽管仍然可以允许根据初级(电)磁场、特别是梯度磁场的杂散场沿着屏蔽管的导电表面产生涡流(或遮蔽电流)。在屏蔽管中产生的遮蔽电流可以有利地替代在主磁体和/或制冷剂器皿的导电表面中产生的涡流,并且因此减少在接近超导温度的温度水平下的冷却需求。

[0036] 根据实施方式,屏蔽管具有小于5mm、小于4mm或小于3mm的壁厚。屏蔽管的壁厚可以超过1mm。优选地,屏蔽管具有大约2mm的壁厚。

[0037] 屏蔽管可以构造成用作次级屏蔽件,从而将主磁体和/或制冷剂器皿遮蔽成免受(电)磁场、特别是梯度磁场的杂散场以及免受热辐射的影响。因此,可以减少主磁体和/或制冷剂器皿上的热负荷,这有利地减少了在冷却效率特别低的非常低的温度水平(即接近超导温度的温度水平)下的冷却要求。因此,与常规磁共振设备相比,可以有利地提高包括本发明的屏蔽装置的磁共振设备的能量效率。

[0038] 在提供由具有中间导电性的材料组成的屏蔽管时,与具有较高导电性的材料相比,屏蔽管的导电表面中的遮蔽电流可以更低或按比例缩小。因此,可以减少或衰减到达主磁体或与主磁体相互作用的次级磁场和/或成像容积内的主磁场。因此,可以有利地减少或避免由于成像容积中的次级磁场引起的成像伪影。

[0039] 根据实施方式,本发明的屏蔽结构包括多个屏蔽管。多个屏蔽管可以经由屏蔽结构机械地支承。还可以设想的是,多个屏蔽管中的第一屏蔽管向多个屏蔽管中的第二屏蔽管提供机械支承。例如,具有第二直径的第二屏蔽管可以经由具有比第二直径小的第一直径的第一屏蔽管机械地支承。优选地,多个屏蔽管在包括具有高磁场强度、例如超过3T的磁场强度的磁体的屏蔽装置中使用。

[0040] 与包括多个封闭器皿作为屏蔽结构的屏蔽装置相比,根据本发明的屏蔽装置可以有利地简化构造和/或降低制造成本。例如,屏蔽管可以比常规的制冷剂器皿或类似的封闭器皿占用更少的径向空间,并且还可以更容易地制造和/或安装在屏蔽装置内。此外,根据上述实施方式的屏蔽管可以对屏蔽结构的机械共振行为具有不显著的影响。因此,屏蔽管可以在不需要修改屏蔽结构的情况下有利地安装在用于不同磁体的屏蔽装置中。

[0041] 本发明的屏蔽装置有利地允许关于不期望的次级磁场的出现对所提供的屏蔽效果进行优化或调节。

[0042] 作为另一优点,本发明的屏蔽装置允许在不增加制冷剂汽化或主磁体淬灭的风险的情况下使用高性能梯度系统。

[0043] 根据实施方式,本发明的屏蔽装置包括热连接至屏蔽管和屏蔽结构的挠性热导体。

[0044] 挠性热导体可以是塑性或弹性可变形的。特别地,挠性热导体可以是可手动变形的。在优选实施方式中,挠性热导体包括挠性金属织物,比如金属编织物、金属网或金属编

织件。挠性金属织物可以包括具有高热导率的金属比如铜、金、铝、铂、银等或者由具有高热导率的金属比如铜、金、铝、铂、银等组成。然而,还可以设想的是,挠性热导体包括挠性碳织物或包括其他高导热材料的织物。在优选实施方式中,挠性热导体由铜编织物组成。

[0045] 挠性热导体可以允许屏蔽管与屏蔽结构之间的热接触的简单和/或有成本效益的实现。

[0046] 根据本发明的屏蔽装置的实施方式,至少一个间隔件占据屏蔽结构的内壁与屏蔽管之间的整个容积。

[0047] 至少一个间隔件可以填充屏蔽结构与屏蔽管之间的间隙或自由容积。例如,至少一个间隔件的形状可以对应于屏蔽结构与屏蔽管之间的间隙或自由容积的形状。然而,屏蔽装置还可以包括多个间隔件,多个间隔件一起填充屏蔽结构与屏蔽管之间的间隙或自由容积。

[0048] 在优选实施方式中,至少一个间隔件或多个间隔件的形状对应于中空筒状件。

[0049] 在提供占据屏蔽结构与屏蔽管之间的整个容积的至少一个间隔件时,屏蔽管可以在屏蔽管的整个轴向尺寸上被机械地支承。因此,可以有利地减少或避免屏蔽结构与屏蔽管之间的相对运动。此外,可以有利地改善机械能从屏蔽管到屏蔽结构的传输。

[0050] 在优选实施方式中,本发明的屏蔽装置包括至少两个间隔件,至少两个间隔件沿着由主磁体的至少一个螺线管线圈限定的轴向方向间隔开,以在屏蔽结构的内壁与屏蔽管之间提供间隙。

[0051] 屏蔽装置可以包括至少两个间隔件。第一间隔件可以位于屏蔽管的第一端部部段处,并且第二间隔件可以位于屏蔽管的第二端部部段处。然而,屏蔽管可以由位于屏蔽管的中间部段附近的附加间隔件支承或者由垂直于筒状件轴线定向的屏蔽管的对称平面附近的附加间隔件支承。

[0052] 至少两个间隔件沿着由主磁体的至少一个螺线管线圈限定的轴向方向间隔开。例如,第一间隔件可以沿着主磁体的轴向方向与第二间隔件隔开或分开。然而,第一间隔件和第二间隔件也可以位于相对于主磁体的筒状件轴线的不同旋转角度处。例如,第一间隔件和第二间隔件可以位于沿着屏蔽管的圆周的不同位置处。

[0053] 至少两个间隔件之间的间隙可以影响屏蔽结构与屏蔽管之间的机械联接。本发明的屏蔽装置可以有利地允许根据间隙的尺寸和/或至少两个间隔件的尺寸对屏蔽结构与屏蔽管之间的机械能的传递进行调节。

[0054] 根据本发明的屏蔽装置的优选实施方式,至少一个间隔件和/或屏蔽管包括多个层。

[0055] 多个层可以布置在屏蔽结构的内壁与屏蔽管之间。然而,屏蔽管的至少一个层可以布置在屏蔽件的背离屏蔽结构的内壁的表面上。

[0056] 多个层可以包括两个或更多个层、例如第一层和第二层或者由两个或更多个层、例如第一层和第二层组成。第一层的材料成分可以不同于第二层的材料成分。至少一个间隔件和/或屏蔽管可以包括具有与第一层的材料成分和/或第二层的材料成分不同的材料成分的一个或更多个其他的层。例如,多个层中的一层可以由金属、金属涂层、玻璃增强塑料(GRP)、环氧树脂、阻尼材料、陶瓷、金属合金或复合材料组成。合适的金属可以是不锈钢、钢、铝、铜等。合适的金属涂层的示例是铝、铜、银、金和铂。

[0057] 优选地,多个层中的层在屏蔽装置的径向方向上堆叠。例如,多个层可以形成夹层结构,该夹层结构具有在屏蔽管的径向方向上堆叠在一起的顶部上的多个层。然而,还可以设想的是,至少一个间隔件和/或屏蔽管的多个层沿着屏蔽管的轴向方向分布。因此,屏蔽管的机械支承以及屏蔽管与屏蔽结构之间的机械联接可以被局部地调节,例如在沿着屏蔽管的轴向方向的特定位置处被局部地调节。

[0058] 在提供包括多个层的至少一个间隔件和/或屏蔽管时,可以在不需要对屏蔽结构的设计进行修改的情况下有利地调节屏蔽管与屏蔽结构之间的机械联接以及屏蔽结构的机械共振行为。

[0059] 在本发明的屏蔽装置的优选实施方式中,多个层中的至少一个层由金属涂层组成。

[0060] 金属涂层可以由上述金属中的任何金属组成。优选地,金属涂层由具有高导电性的金属比如铜、铝、金、银或铂组成。金属涂层的厚度可以小于1.5mm、小于1mm、小于0.5mm或小于0.25mm。

[0061] 在优选实施方式中,屏蔽管的至少一个表面包括金属涂层。然而,还可以设想的是,至少一个间隔件的至少一个层由金属涂层组成。

[0062] 在提供包括金属涂层的屏蔽管和/或至少一个间隔件时,可以有利地改善屏蔽装置的屏蔽效果。特别地,金属涂层可以促进遮蔽电流的产生,从而减少主磁体和/或制冷剂器皿上的热负荷以及在接近超导温度的温度水平下的冷却需求。此外,可以有利地对金属涂层的厚度进行调节以限制在金属涂层中感应的涡流的时间常数。

[0063] 根据本发明的屏蔽装置的实施方式,至少一个间隔件和/或屏蔽管包括阻尼元件。替代性地或另外地,至少一个间隔件布置成减少屏蔽结构与屏蔽管之间的机械能的传递。

[0064] 减少屏蔽结构与屏蔽管之间的机械能的传递可以包括减少或衰减屏蔽结构与屏蔽管之间的机械联接。

[0065] 至少一个间隔件可以构造成限制与屏蔽管接触的区域或表面。例如,与屏蔽管接触的至少一个间隔件的径向外表面可以包括朝向屏蔽管变薄的脊部。还可以设想的是,至少一个间隔件包括一个或更多个销、旋钮或按钮,一个或更多个销、旋钮或按钮在沿着屏蔽管的外表面或圆周的离散位置处机械地支承屏蔽管。此外,至少两个间隔件可以隔开成使得在至少两个间隔件之间形成一个或更多个间隙。一个或更多个间隙可以表示屏蔽管可以在不将机械振动、特别是不期望的机械振荡传递至屏蔽结构的情况下振动的部段。

[0066] 根据实施方式,至少一个间隔件和/或屏蔽管可以包括构造成吸收或耗散机械能的阻尼元件。例如,至少一个间隔件可以包括构造成吸收机械振动的阻尼材料、多层阻尼材料、弹性元件或多个弹性元件。在一个实施方式中,至少一个间隔件可以包括构造成将机械振动转换成弹性变形和/或热能的弹簧和/或弹性材料(例如弹性体和/或弹性泡沫材料)。由至少一个间隔件的弹性变形释放的任何热能可以有利地在远高于超导温度的温度水平下传递至与屏蔽结构连接的冷源。

[0067] 可以设想的是,屏蔽管包括根据上述实施方式的阻尼元件。

[0068] 在提供构造成减少在屏蔽管与屏蔽结构之间的机械能的传递的屏蔽管和/或至少一个间隔件时,可以有利地减少或避免屏蔽管对屏蔽结构的机械共振行为的影响。

[0069] 根据本发明的屏蔽装置的实施方式,至少一个间隔件和/或屏蔽管包括刚性材料。

替代性地或另外地,至少一个间隔件布置成改善屏蔽结构与屏蔽管之间的机械能的传递。

[0070] 至少一个间隔件和/或屏蔽管可以构造成将机械振动从屏蔽管传递至屏蔽结构。至少一个间隔件可以由刚性材料或非弹性材料,比如钢、不锈钢或玻璃增强塑料组成。至少一个间隔件的刚性材料可以与屏蔽管和屏蔽结构机械接触。屏蔽管可以由诸如钢或不锈钢之类的刚性材料组成。在优选实施方式中,至少一个间隔件的一层和/或屏蔽管的一层由刚性材料组成。

[0071] 至少一个间隔件可以布置成改善屏蔽结构与屏蔽管之间的机械能的传递。根据实施方式,屏蔽管的外表面的大部分可以与至少一个间隔件接触。例如,屏蔽管的外表面或圆周的大于50%、大于60%、大于70%或大于80%可以与至少一个间隔件接触。

[0072] 在优选实施方式中,至少一个间隔件构造成将具有所选定的机械频率的机械振动和/或所选定的机械振荡从屏蔽管传递至屏蔽结构。例如,至少一个间隔件可以位于沿着屏蔽管的外圆周的一个或更多个所选定的节点处。一个或更多个所选定的节点可以由屏蔽管的机械振动引起的屏蔽管的壁的一部分的特定振荡频率和/或振荡幅度来表征。在将至少一个间隔件定位在沿着屏蔽管的外圆周的一个或更多个所选定的节点处时,所选定的机械振动和/或所选定的机械频率可以有利地从屏蔽管传递至屏蔽结构。

[0073] 屏蔽管的机械振动可以有利地用于对屏蔽结构的机械共振行为进行调节,例如用以修改或降低屏蔽结构的峰值机械共振。此外,在改善或增强屏蔽管与屏蔽结构之间的机械连接时,可以有利地衰减屏蔽管的不期望的共振频率。

[0074] 在本发明的屏蔽装置的实施方式中,屏蔽结构包括多个层,其中,多个层中的至少一个层构造成根据屏蔽管的机械共振行为来修改屏蔽结构的机械共振行为。

[0075] 屏蔽结构的内壁可以表示屏蔽结构的层。根据实施方式,屏蔽结构的至少一个层经由至少一个间隔件和/或屏蔽结构的内壁与屏蔽管机械地联接。优选地,屏蔽结构的至少一个层表示机械地连接至屏蔽结构的表面的附加材料层,例如屏蔽结构的内壁的内表面和/或外表面。屏蔽结构的至少一个层的材料可以不同于屏蔽结构的材料。例如,屏蔽结构可以由高导电材料比如铝、铜等组成。至少一个层可以由具有高刚度的材料、比如钢或不锈钢组成。

[0076] 根据实施方式,屏蔽结构的至少一个层可以形成机械地连接至屏蔽结构的至少一个间隔件的一部分。然而,屏蔽结构的至少一个层也可以机械地连接至屏蔽结构的内壁的表面,特别是屏蔽结构的内壁的背离屏蔽管的表面。

[0077] 优选地,屏蔽结构的至少一个层构造成减轻或补偿屏蔽管的机械共振行为。例如,根据上述实施方式,屏蔽结构的至少一个层可以根据构造成改善屏蔽结构与屏蔽管之间的机械能的传递以及/或者构造成将具有所选定的机械频率的机械振动和/或所选定的机械振荡从屏蔽管传递至屏蔽结构的至少一个间隔件来构造。

[0078] 屏蔽结构的至少一个层可以构造成增加屏蔽结构的刚度。特别地,屏蔽结构的至少一个层可以构造成增加屏蔽结构的内壁或内管的刚度。屏蔽结构的刚度可以由屏蔽结构抵抗响应于所施加的力、比如由屏蔽管引起的机械振动而变形的程度来表征。优选地,屏蔽结构的至少一个层包括钢或不锈钢或者由钢或不锈钢组成。

[0079] 屏蔽结构和/或屏蔽管的机械共振行为可以由屏蔽结构和/或屏蔽管在特定操作条件下的共振频率来表征,特定操作条件例如为经由包括本发明的屏蔽装置的磁共振设备

进行的磁共振测量。在优选实施方式中,屏蔽结构的至少一个层的厚度和/或材料被选择成补偿屏蔽管的一个或更多个峰值机械共振频率。

[0080] 在提供包括构造成增加屏蔽结构的刚度的至少一个层的屏蔽结构时,可以有利地衰减由屏蔽管引入或引起的机械振动。此外,增加屏蔽结构的刚度可以有利地允许减小屏蔽结构的壁厚。因此,屏蔽结构可以在屏蔽装置的径向方向上占用更少的空间。

[0081] 根据实施方式,屏蔽结构的至少一个层包括构造成耗散机械能的阻尼材料。例如,屏蔽结构的至少一个层可以包括根据上述实施方式的弹性材料。

[0082] 在提供包括构造成修改屏蔽结构的机械共振行为的至少一个层的屏蔽结构时,可以有利地平衡或补偿由屏蔽管引入或引起的机械振动。

[0083] 根据实施方式,本发明的屏蔽装置包括梯度系统,该梯度系统包括构造成在由屏蔽结构的内壁周向包围的容积中产生梯度磁场的至少一个梯度线圈,其中,屏蔽管与梯度线圈隔开使得减小经由梯度磁场的杂散场在屏蔽管中感应的遮蔽电流。

[0084] 梯度系统可以包括一个或更多个梯度线圈。梯度线圈可以构造成在由屏蔽装置、特别是屏蔽结构的内壁和/或梯度线圈周向地包围的成像区域中产生梯度磁场。在优选实施方式中,梯度系统至少包括第一梯度线圈和第二梯度线圈。第一梯度线圈可以构造成在成像区域中产生第一梯度磁场。同样地,第二梯度线圈可以构造成在成像区域中产生第二梯度磁场。第一梯度磁场可以基本上垂直于第二梯度磁场定向。梯度系统还可以包括第三梯度线圈,该第三梯度线圈构造成在成像区域内产生第三梯度磁场。可以设想的是,第三梯度磁场大致垂直于第一梯度磁场和第二梯度磁场定向。

[0085] 屏蔽管可以周向地包围梯度系统。在优选实施方式中,梯度系统以管状形式或筒形式布置。屏蔽管的直径超过梯度系统的直径。

[0086] 优选地,屏蔽管相对于梯度系统定位成减少根据梯度磁场沿着屏蔽管的导电表面产生的遮蔽电流。例如,沿着屏蔽管的内表面的表面法线,屏蔽管的内表面上的点与梯度系统的外表面上的点之间的距离可以超过1cm、2cm、4cm、6cm、8cm或甚至10cm。当然,屏蔽管与梯度系统之间的距离可以取决于梯度线圈的磁场强度以及主磁体的磁场强度。

[0087] 在根据上述实施方式的将屏蔽管与梯度系统隔开时,可以有利地减小或限制屏蔽管的机械振动。此外,屏蔽管的导电表面中的遮蔽电流的减小还可以减小或衰减到达主磁体或与主磁体相互作用的次级磁场和/或成像容积内的主磁场。因此,可以有利地减少或避免由于成像容积中的次级磁场引起的成像伪影。

[0088] 根据实施方式,本发明的屏蔽装置包括封围主磁体的制冷剂器皿,其中,制冷剂器皿的内径超过屏蔽管的直径,并且其中,制冷剂器皿周向地包围屏蔽管。

[0089] 制冷剂器皿可以是构造成封围主磁体和流体、特别是制冷剂的流体密封式容器。主磁体的至少一部分可以浸没在制冷剂器皿内的流体的液体部分中。在优选实施方式中,制冷剂器皿形成双壁中空筒状件,该双壁中空筒状件将主磁体封围在制冷剂器皿的外壁与内壁之间。外管和内管可以经由环形端部壁机械地连接。制冷剂器皿的筒状件轴线或旋转对称轴线可以平行于或对应于由主磁体的螺线管线圈限定的旋转对称轴线定向。

[0090] 制冷剂器皿可以构造成提供屏蔽效果。优选地,制冷剂器皿保持在接近主磁体的超导温度的温度水平。在一个实施方式中,制冷剂器皿和/或包含在制冷剂器皿内的制冷剂热连接至低温冷却器的第二级。因此,经由低温冷却器从制冷剂器皿吸收的任何热能可能

必须在非常低的温度水平下以低效率吸收。

[0091] 屏蔽管可以布置在由制冷剂器皿、特别是制冷剂器皿的内壁形成的管状空间或腔内。在优选实施方式中,屏蔽管布置在制冷剂器皿的内壁与屏蔽结构的内壁或内管之间。

[0092] 根据上述实施方式的本发明的屏蔽装置的屏蔽效果可以有利地胜过或超过没有屏蔽管的常规屏蔽装置的屏蔽效果。在将屏蔽管布置在制冷剂器皿的内壁与梯度系统之间时,梯度磁场的杂散场可以至少部分地被屏蔽管的导电表面内产生的涡流抵消。因此,与涡流相关联的机械振动和/或热负荷可以至少部分地转移至屏蔽管,与制冷剂器皿相比,屏蔽管可以在更高的温度下冷却。由于低温冷却器的冷却效率通常随着温度水平的增加而增加,因此屏蔽管可以有利地允许在超导温度水平下的较低冷却需求和低温冷却器的降低的功率需求。

[0093] 本发明的磁共振设备构造成执行定位在磁共振设备的成像区域内的对象的磁共振测量。磁共振设备包括梯度系统,该梯度系统包括至少一个梯度线圈和根据上述实施方式的屏蔽装置。

[0094] 本发明的磁共振设备可以构造成从定位在磁共振设备的成像区域内的对象获取磁共振数据。优选地,磁共振设备构造成从定位在成像区域内的对象获取磁共振图像数据、特别是诊断磁共振图像数据。该对象可以是患者,特别是人或动物。

[0095] 优选地,本发明的磁共振设备是闭孔式扫描仪。闭孔式扫描仪可以包括对成像区域进行周向地封围的大致筒形的孔。闭孔式扫描仪的主磁体可以包括一个或更多个螺线管线圈,一个或更多个螺线管线圈沿着筒形孔的轴向方向或旋转对称轴线对成像区域进行周向地包围。一个或更多个螺线管线圈可以包括在(或低于)超导温度下具有可忽略电阻的线材。经由主磁体提供的主磁场的方向可以大致平行于对象进入成像区域的方向和/或筒形孔的轴向方向而定向。

[0096] 磁共振设备可以包括至少一个低温冷却器。至少一个低温冷却器可以构造成使磁共振设备的部件冷却。例如,至少一个低温冷却器可以构造成使主磁体、屏蔽结构、屏蔽管、制冷剂器皿等冷却。

[0097] 至少一个低温冷却器可以构造成提供接近或低于主磁体的超导材料的超导温度的温度。例如,主磁体的超导温度可以在3K至100K的范围内,优选地在3K至6K、5K至10K、30K至60K或60K至90K的范围内。至少一个低温冷却器可以实现为脉冲管制冷机、吉福德-麦克马洪(Gifford-McMahon)制冷机、斯特林(Stirling)低温冷却器、焦耳-汤姆逊(Joule-Thomson)低温冷却器等。

[0098] 在优选实施方式中,至少一个低温冷却器热连接和机械地连接至主磁体、屏蔽结构和屏蔽管。至少一个低温冷却器可以构造成将主磁体和屏蔽结构以及屏蔽管保持在不同的温度水平。

[0099] 至少一个低温冷却器可以包括具有一个或更多个冷却级的冷头。在冷头包括多个冷却级的情况下,每个冷却级可以具有不同的温度水平。替代性地,本发明的磁共振设备包括构造成用于使主磁体冷却的第一低温冷却器以及构造成用于使屏蔽结构和/或屏蔽管冷却的第二低温冷却器。优选地,由第二低温冷却器提供的温度水平超过由第一低温冷却器提供的温度水平。

[0100] 根据实施方式,至少一个低温冷却器至少包括第一冷却级和第二冷却级。第一冷

却级热连接和机械地连接至屏蔽结构和屏蔽管。第二冷却级热连接和机械地连接至主磁体。优选地,第一冷却级的温度水平超过第二冷却级的温度水平。例如,第一冷却级可以构造提供在40K至180K之间的范围内、优选地在40K至60K、60K至100K或100K至180K之间的范围内的温度。第二冷却级可以构造提供接近主磁体的超导温度的温度水平。

[0101] 本发明的磁共振设备可以配置为“干式”系统。该“干式”系统可以容纳最小量的制冷剂或根本不容纳制冷剂。例如,本发明的磁共振系统可以包括经由固体热导体热连接至主磁体的一个或更多个小型制冷剂器皿。小型制冷剂器皿可以包含体积小于10L、小于5L或小于1L的制冷剂。在实施方式中,省略了制冷剂器皿。因此,主磁体可以完全经由热传导进行冷却。

[0102] 在替代性实施方式中,本发明的磁共振设备配置为“湿式”系统。该“湿式”系统可以包括容纳低沸点的流体或制冷剂,如氩、氮、氖、氦等的制冷剂器皿。预定温度水平可以大致对应于主磁体的超导温度。

[0103] 可以设想的是,磁共振设备的部件比如主磁体、制冷剂器皿、屏蔽结构、屏蔽管等热连接至低温冷却器。优选地,磁共振设备的部件经由固体热导体、对流回路和/或热管道热连接至低温冷却器。

[0104] 本发明的磁共振设备具有本发明的屏蔽装置的优点。

附图说明

[0105] 可以从下面描述的实施方式以及附图中认识到本发明的其他优点和细节。附图示出了:

[0106] 图1是本发明的磁共振设备的实施方式的示意图,

[0107] 图2是本发明的磁共振设备的实施方式的示意图,

[0108] 图3是本发明的屏蔽装置的实施方式的示意图,

[0109] 图4是本发明的屏蔽装置的实施方式的示意图,

[0110] 图5是本发明的屏蔽装置的实施方式的截面的示意图,

[0111] 图6是本发明的屏蔽装置的屏蔽管和间隔件的示意图,

[0112] 图7是本发明的屏蔽装置的实施方式的截面的示意图,

[0113] 图8是本发明的屏蔽装置的实施方式的示意图,

[0114] 图9是本发明的屏蔽装置的实施方式的示意图,

[0115] 图10是屏蔽装置的不同实施方式的机械共振行为的比较。

具体实施方式

[0116] 图1示出了根据本发明的磁共振设备11的实施方式。在所图示的示例中,磁共振设备11包括静态场磁体17或主磁体,静态场磁体17或主磁体构造成提供了包括成像容积38的均匀静态磁场18(B₀场)。静态磁场18穿过构造成用于接纳成像对象比如患者15的成像区域36。成像区域36可以对应于构造成用于在磁共振测量期间容纳患者的患者孔。成像区域36在周向方向上被屏蔽装置30包围。

[0117] 在所描绘的示例中,磁共振设备11包括构造成将患者15运送到成像区域36中的患者支承件16。特别地,患者支承件16构造成将患者15的诊断相关的身体区域运送到磁共振

设备11的成像容积38或等中心中。通常,磁共振设备11的屏蔽装置30隐藏在壳体41中。

[0118] 磁共振设备11可以包括梯度系统19,该梯度系统19配置成提供用于对在磁共振测量期间获取的磁共振信号进行空间编码的梯度磁场。梯度系统19由梯度控制器28经由适当的电流信号来启用或控制。可以设想的是,梯度系统19包括一个或更多个梯度线圈,一个或更多个梯度线圈构造成在不同的空间方向上、优选地在正交定向的空间方向上产生梯度磁场。

[0119] 磁共振设备11可以包括集成的射频天线20(即,本体线圈)。射频天线20可以经由射频控制器29进行操作,射频控制器29控制射频天线20产生高频磁场并向成像区域36发射射频激励脉冲。磁共振设备11还可以包括局部线圈21。局部线圈21可以定位在患者15的诊断相关区域上或该诊断相关区域附近。局部线圈21可以构造成向患者15发射射频激励脉冲并且/或者从患者15接收磁共振信号。可以设想的是,局部线圈21经由射频控制器29进行控制。

[0120] 优选地,磁共振设备11包括构造成用于控制磁共振设备11的控制单元23。控制单元23可以包括处理单元24,处理单元24配置成处理磁共振信号并重建磁共振图像。处理单元24也可以配置成处理来自磁共振设备11的用户的输入并且/或者向用户提供输出。为此目的,处理单元24和/或控制单元23可以经由适当的信号连接与显示单元25和输入单元26连接。对于磁共振测量的准备,可以经由显示单元25向用户提供准备信息,比如成像参数或患者信息。输入单元26可以配置成从用户接收信息和/或成像参数。

[0121] 当然,磁共振设备11可以包括磁共振设备通常提供的其他部件。磁共振设备11的一般操作对于本领域技术人员来说是已知的,因此省略了更详细的描述。

[0122] 图2示出了根据图1的本发明的磁共振设备11的截面图。在所描绘的示例中,屏蔽装置30包括外部真空室42,外部真空室42为屏蔽装置30的部件提供了外部封围件。外部真空室42将周围环境70与由外部真空室42包围的真空区域71分开。在优选实施方式中,外部真空室42形成了包括外壳和内壳的双壁中空筒状件。屏蔽装置30的部件可以容纳在外部真空室42的外壳和内壳内或者由外部真空室42的外壳和内壳封围。外部真空室42的内壳可以形成在周向方向上包围成像区域36的患者孔37。

[0123] 在所图示的实施方式中,屏蔽装置30包括屏蔽结构33和屏蔽管34。屏蔽结构33实施为双壁中空筒状件,而屏蔽管34实施为管或中空筒状件。屏蔽管34和主磁体17被封围在屏蔽结构33的外壁与内壁之间。因此,主磁体17由屏蔽结构33的外壁和屏蔽管34限制。

[0124] 优选地,屏蔽装置30包括机械地连接至外部真空室42的外壳和主磁体17的一个或更多个悬置杆12。悬置杆12可以延伸穿过屏蔽结构33中的通道或孔,以在外部真空室42的外壳与主磁体17之间提供机械连接。

[0125] 磁共振设备11还包括安装在外部真空室42上的低温冷却器32。低温冷却器32可以构造成对主磁体17、屏蔽结构33、屏蔽管34以及屏蔽装置30的其他部件比如制冷剂器皿31(参见图4)进行冷却。

[0126] 低温冷却器32通常包括向低温冷却器32供应加压气体的压缩机(未示出)。根据图2中所示的实施方式,低温冷却器32包括冷头,冷头包括一个或更多个冷却级32a和32b。优选地,冷头的第一冷却级32a热连接至屏蔽结构33,而冷头的第二冷却级32b热连接至主磁体17。在优选实施方式中,第一冷却级32a提供约50K的温度水平,而第二冷却级32b提供约

4K的温度水平。在“干式”系统中,低温冷却器32的冷却级32a和32b可以经由固体热导体39a和39b热连接至屏蔽装置30的部件。还可以设想的是,磁共振设备11包括经由固体热导体、热管道和/或对流回路热连接至低温冷却器32的一个或更多个小型制冷剂器皿(未示出)。一个或更多个制冷剂器皿可以经由热交换器和/或固体热导体39热连接至主磁体17。

[0127] 根据实施方式,屏蔽管34经由固体热导体、例如铜编织物(未示出)热连接至屏蔽结构33。然而,屏蔽管34也可以经由固体热导体39热连接至低温冷却器32的第一冷却级32a。

[0128] 在磁共振设备11的操作期间,屏蔽结构33可以保持处于中间温度,例如在40K与60K之间、优选地约50K。屏蔽结构33可以包括导电材料,导电材料配置成用于将主磁体17屏蔽成免受热辐射以及免受经由梯度系统19产生的梯度磁场的杂散场的影响。

[0129] 在替代性实施方式中,屏蔽结构33和主磁体17热连接至低温冷却器32的同一级。还可以设想的是,屏蔽结构33和主磁体17连接至不同的或单独的低温冷却器32。

[0130] 图3示出了本发明的屏蔽装置30的实施方式的截面图。在所图示的示例中,屏蔽装置30包括外部真空室42、主磁体17、屏蔽结构33和屏蔽管34。屏蔽管34经由间隔件43a和43b机械地支承,间隔件43a和43b由屏蔽结构33承载。间隔件43a和43b沿着屏蔽装置30的轴向方向隔开。例如,间隔件43a在平行于屏蔽装置30的旋转对称轴线80定向的轴向方向上与间隔件43b隔开。在所描绘的实施方式中,间隔件43a和43b被实现为周向地包围屏蔽结构33的内壁中环或中空筒状件。

[0131] 图3中所图示的屏蔽装置30可以在主要依赖于经由热传导进行的冷却的“干式”磁共振设备中使用。然而,“干式”磁共振设备仍然可以包括用作热缓冲器的小型制冷剂器皿。这种制冷剂器皿可以经由固体热导体热连接至主磁体17。

[0132] 图4示出了本发明的屏蔽装置30的另一实施方式的截面图。在所描绘的示例中,屏蔽装置30包括封围主磁体17的制冷剂器皿31。制冷剂器皿31形成容纳制冷剂的流体密封式器皿(未示出)。主磁体17的各部分可以浸没在制冷剂的液体部分内。制冷剂器皿31中的制冷剂可以与低温冷却器32的第二冷却级32b直接接触。然而,制冷剂器皿31的壁也可以经由固体热导体和/或热管道热连接至低温冷却器的第二冷却级32b。屏蔽装置30的制冷剂器皿31、屏蔽管34和屏蔽结构33可以构造成有助于屏蔽装置30的屏蔽效果。图4中所描绘的屏蔽装置30优选地在“湿式”磁共振设备中使用。

[0133] 图5示出了包括多个间隔件43的本发明的屏蔽装置30的实施方式的截面。在所图示的示例中,间隔件43a布置在屏蔽管34的端部部段处、特别是轴向端部处。间隔件43c布置在屏蔽管34的中间部段处。间隔件43a可以构造成向屏蔽管34的端部部段提供支承,而间隔件43c可以构造成防止屏蔽管34的中间部段下垂。间隔件43b以及其他间隔件43(未示出)可以构造成向屏蔽管34提供附加的支承。一个或更多个间隔件43也可以布置成对屏蔽管34和/或屏蔽结构33的机械共振行为进行调节。

[0134] 图3至图5中所示的间隔件43可以被实现为按钮或销,按钮或销构造成将屏蔽结构33与屏蔽管34机械地断开联接。间隔件43可以彼此隔开。优选地,间隔件43被螺栓连接至或结合至屏蔽结构33的端部旋转件或环形端部壁以及/或者屏蔽管34的端部部段。还可以设想的是,间隔件43以规则或不规则的图案分布在屏蔽管34的外圆周上。然而,间隔件43也可以被实现为环、环形区段、板、中空筒状件和/或中空筒状件的区段。根据实施方式,间隔件

43布置在包括主磁体17的螺线管线圈的屏蔽装置30的横向部段处。

[0135] 根据实施方式,间隔件43包括玻璃增强塑料或由玻璃增强塑料组成。然而,一个或更多个间隔件43也可以包括铝、钢、不锈钢、环氧树脂、阻尼元件和/或阻尼材料或者由铝、钢、不锈钢、环氧树脂、阻尼元件和/或阻尼材料组成。根据优选实施方式,一个或更多个间隔件43由多个层组成。

[0136] 根据图6中所图示的实施方式,间隔件43包括构造成容纳屏蔽管34的部段的凹部或切口,从而在间隔件43与屏蔽管34之间提供形状锁定机械连接。

[0137] 图7示出了本发明的屏蔽装置30的另一实施方式。在所描绘的示例中,间隔件43填充屏蔽结构33与屏蔽管34之间的整个间隙或自由容积。间隔件43可以由单层材料比如玻璃增强塑料、铝、不锈钢或环氧树脂组成。然而,间隔件43也可以包括由不同材料制成的多个层。例如,图7中所描绘的间隔件43可以由在屏蔽装置30的径向方向上堆叠的一系列层组成。根据实施方式,屏蔽装置30包括多个间隔件43,这些间隔件一起填充屏蔽结构33与屏蔽管34之间的整个间隙或自由容积。

[0138] 图8示出了包括制冷剂器皿31的本发明的屏蔽装置30的实施方式的径向截面。在所描绘的示例中,屏蔽结构33包括构造成增加屏蔽结构33的内壁或内管的刚度的层33a。优选地,屏蔽结构33由铝、特别是铝5005组成,而屏蔽结构33的层33a由不锈钢组成。屏蔽结构33和层33a可以热连接至低温冷却器32的第一冷却级32a并且保持在大约50K的温度水平下。

[0139] 屏蔽管34可以经由根据上述实施方式的一个或更多个间隔件43支承。根据径向截面沿着轴线80的位置,屏蔽管34与屏蔽结构33的内壁之间的间隙或自由容积可以由根据上述实施方式的间隔件43填充。然而,间隙也可以没有屏蔽装置30的任何结构或部件。例如,在屏蔽管34与屏蔽结构33的内壁之间可以存在一个或更多个真空区域。

[0140] 屏蔽管34可以经由单独的热导体(未示出)和/或经由一个或更多个间隔件43热连接至屏蔽结构33。因此,屏蔽管34可以间接地连接至低温冷却器并且与屏蔽结构33相比表现出更高的温度。例如,屏蔽管34在磁共振设备11中的屏蔽装置30的操作期间可以保持处于在60K与70K之间的温度水平。优选地,屏蔽管34由厚度大约为2mm的不锈钢组成。

[0141] 在图8中所示的实施方式中,封围主磁体17的制冷剂器皿31由不锈钢组成。优选地,制冷剂器皿31热连接至低温冷却器32的第二冷却级32b,并且在磁共振设备11中的屏蔽装置30的操作期间保持处于大约4K的温度。

[0142] 外部真空室42的内壳和外壳优选地由钢、不锈钢或另一弹性金属组成。

[0143] 图9示出了本发明的屏蔽装置30的另一实施方式的径向截面。在所描绘的实施方式中,间隔件43由三个层43a、43b和43c组成。与图8中所描绘的实施方式相比,层43c机械地连接至屏蔽结构33的内壁的外表面。层43c可以由不锈钢组成并且增加屏蔽结构33的刚度。优选地,层43c例如经由诸如环氧树脂之类的粘合剂材料结合至屏蔽结构33的内管。

[0144] 间隔件43还包括层43b。层43b可以包括连续的玻璃增强塑料件或多个间隔开的玻璃增强塑料件。然而,层43b可以根据上述实施方式来实现。

[0145] 层43a由金属涂层形成。金属涂层优选地由在300K下具有高导电性的金属比如铜、铝、金、银或铂组成。优选地,层43a被涂覆到屏蔽管34的内表面上。

[0146] 根据图9中所描绘的实施方式,屏蔽管34的外表面可以包括另外的金属涂层34a。

另外的金属涂层34a可以对应于上述的金属涂层。然而,由于金属涂层34a设置在屏蔽管34的外表面上,因此金属涂层34a不形成间隔件43的一部分。

[0147] 根据屏蔽装置30的实施方式,可以省略间隔件43(例如层43a或层43b)、屏蔽管34(例如层34a)以及屏蔽结构33(例如层33a)中的一个或更多个层。

[0148] 图10示出了屏蔽结构33的机械共振行为的模拟结果。在所描绘的图的X轴上,绘制了机械振动的频率。在Y轴上,绘制了机械振动的功率。曲线S1表示没有屏蔽管34的常规屏蔽装置。模拟的机械频率行为示出屏蔽结构33在大约1800Hz处表现出显著的共振频率。本发明的屏蔽装置30的模拟S2表明,本发明的屏蔽管34的添加使1800Hz处的主峰值在于屏蔽结构33的机械共振行为中不引入新的峰值的情况下衰减。

[0149] 本发明的屏蔽装置30的另一模拟S3表明,功率沉积的峰值甚至可以通过添加构成用于加强屏蔽结构33的内管的层33a来进一步降低。

[0150] 本文中所描述的实施方式被认为是示例。应当理解的是,如果没有另外说明,则各个实施方式可以通过其他实施方式的特征来扩展或者与其他实施方式的特征结合。图1至图9中所描绘的实施方式是不一定按比例绘制的表示。

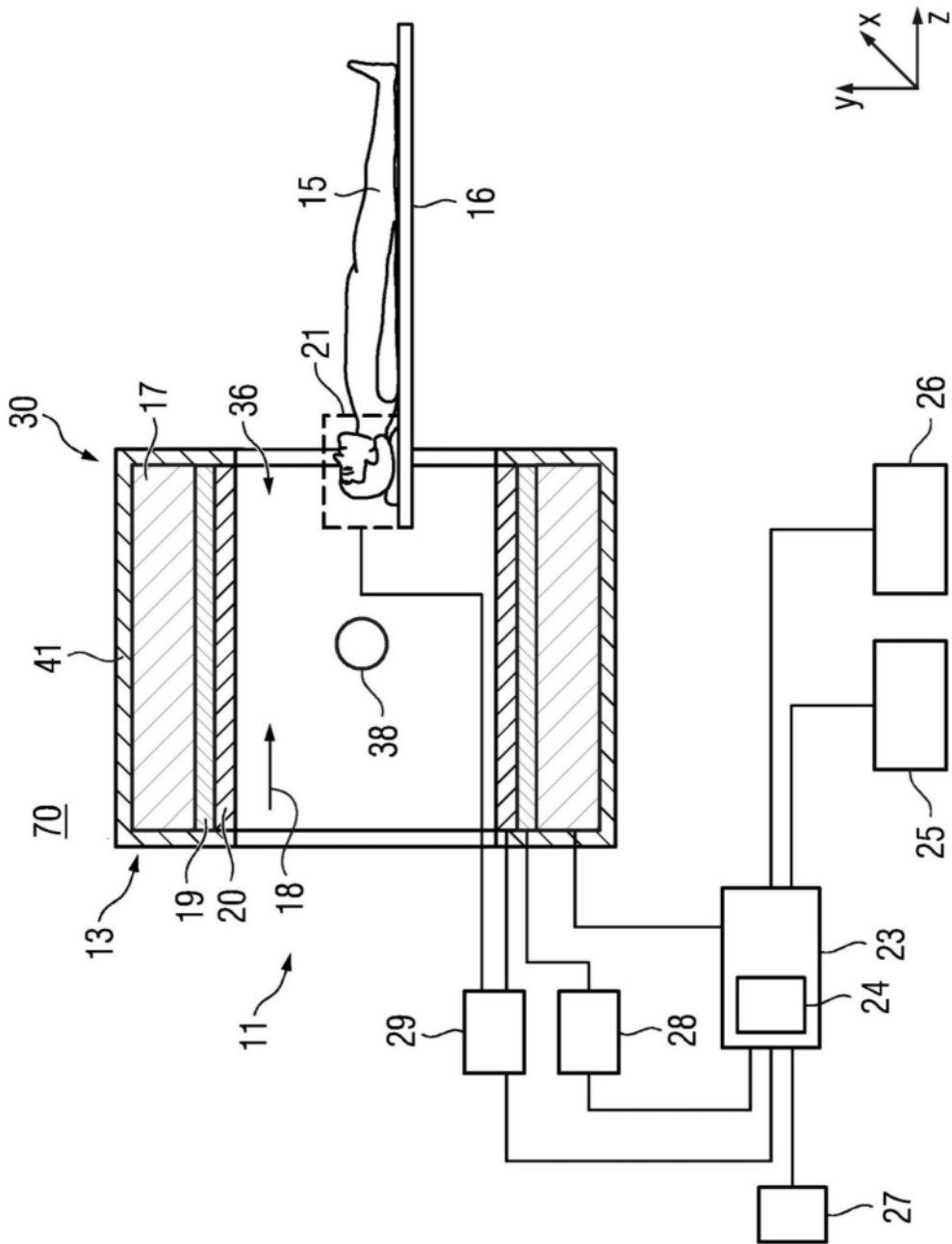


图1

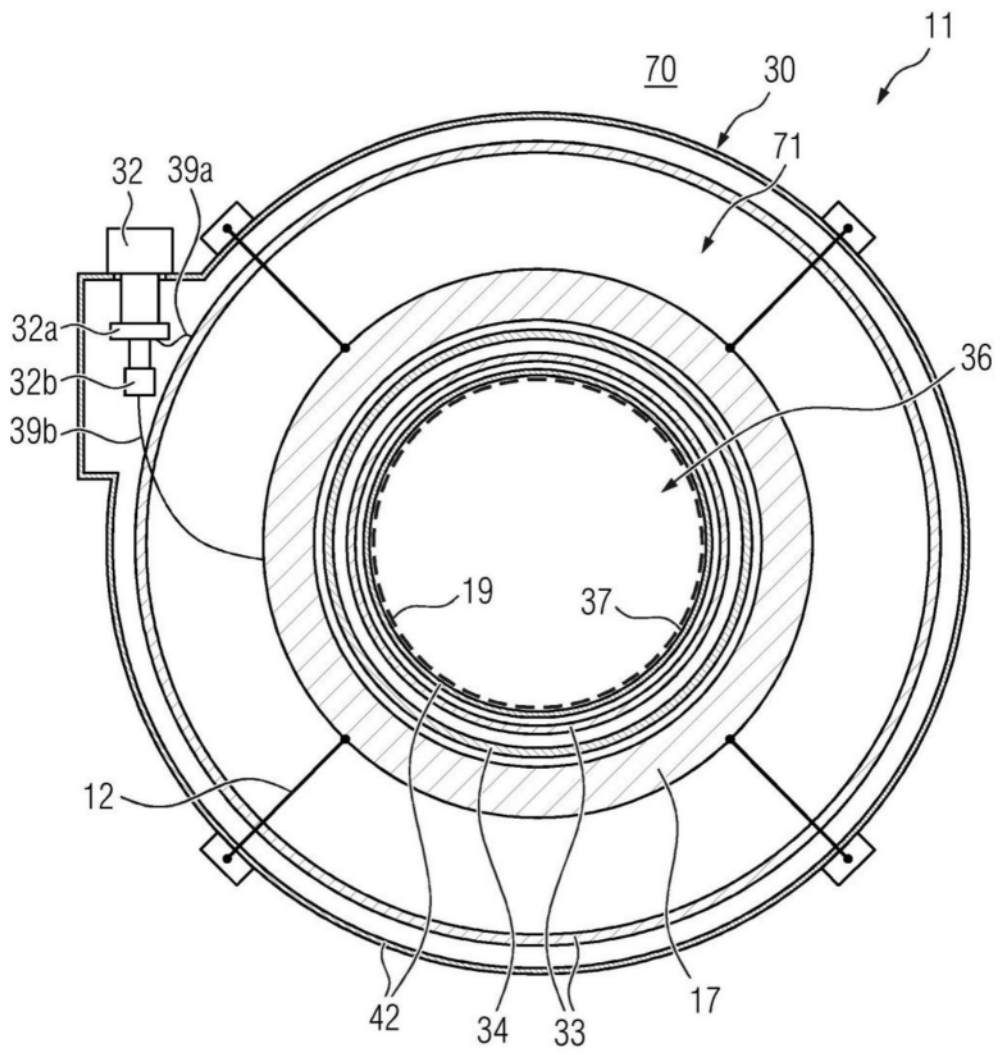


图2

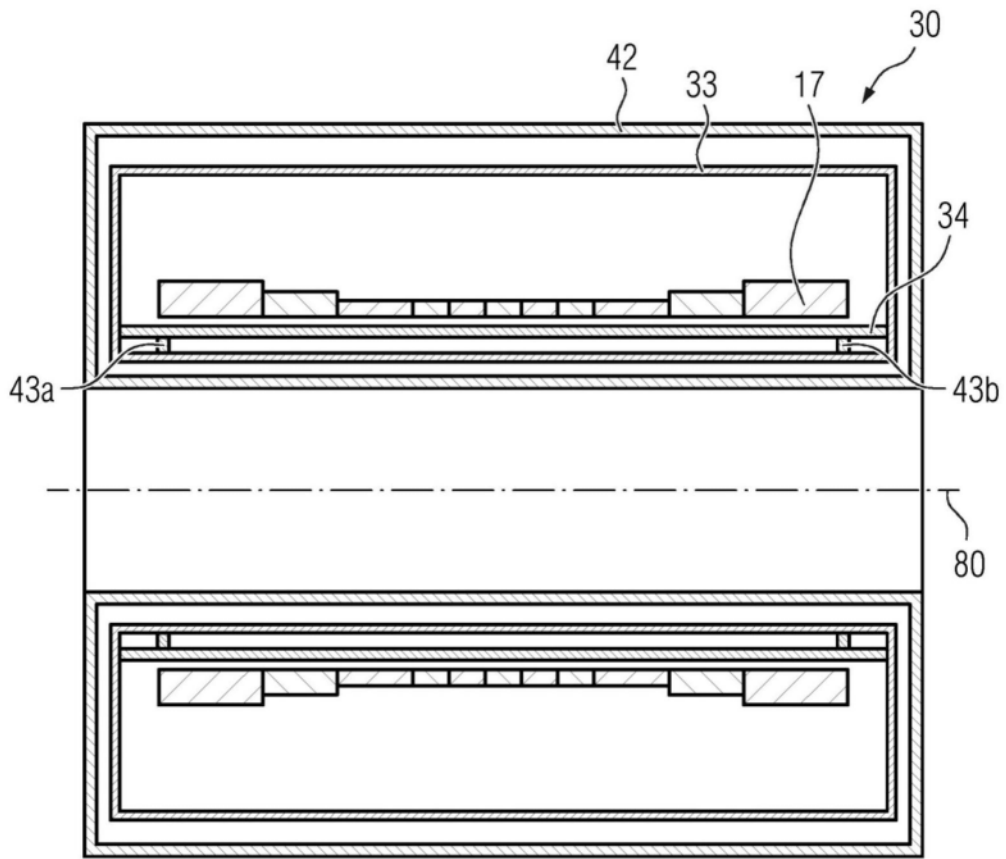


图3

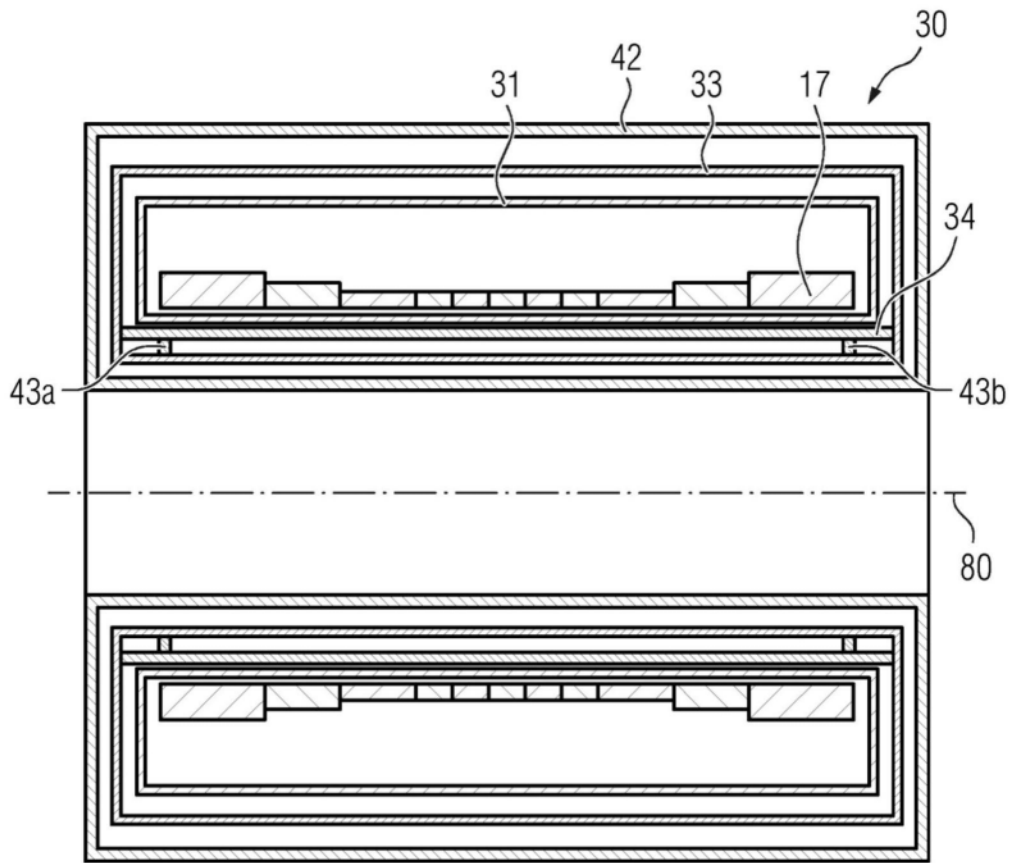


图4

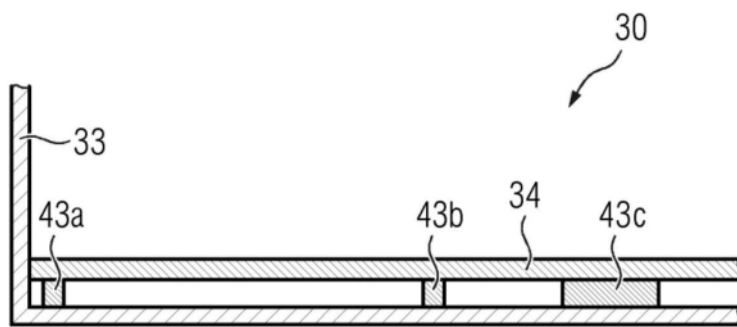


图5

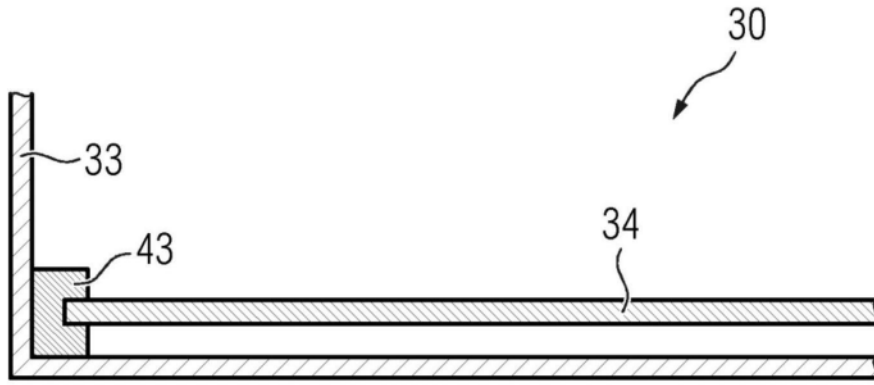


图6

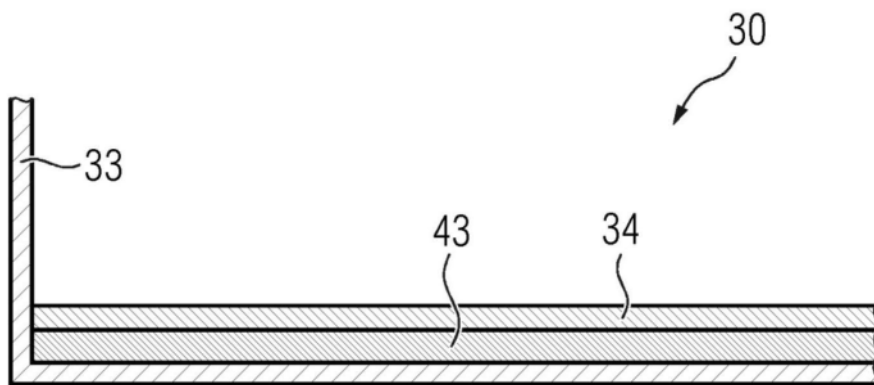


图7

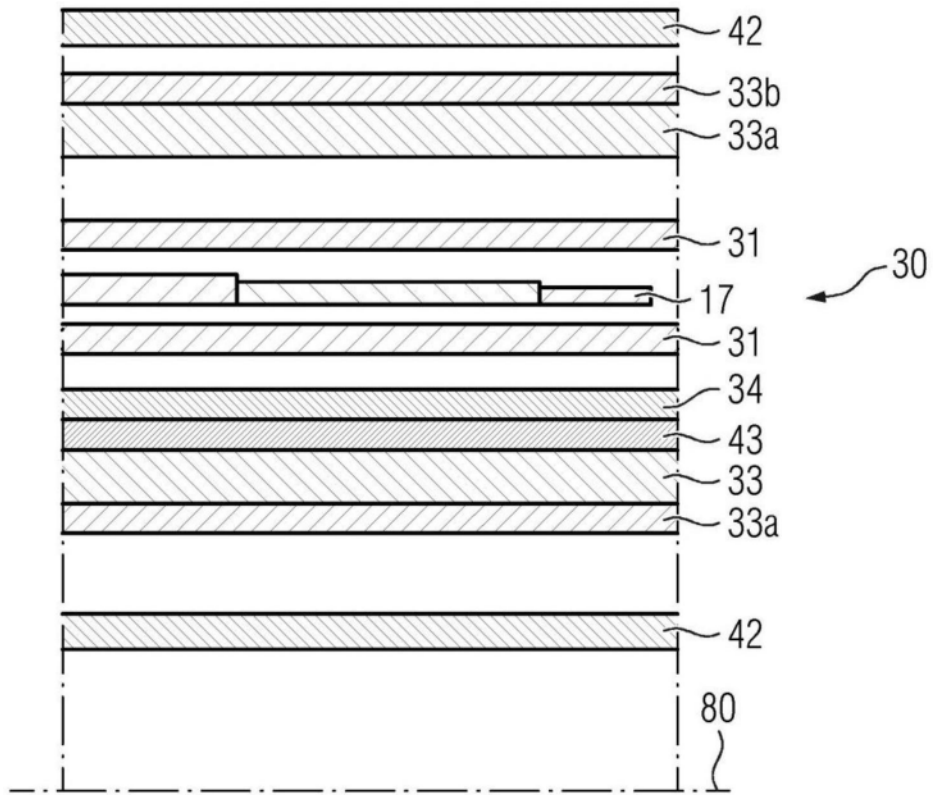


图8

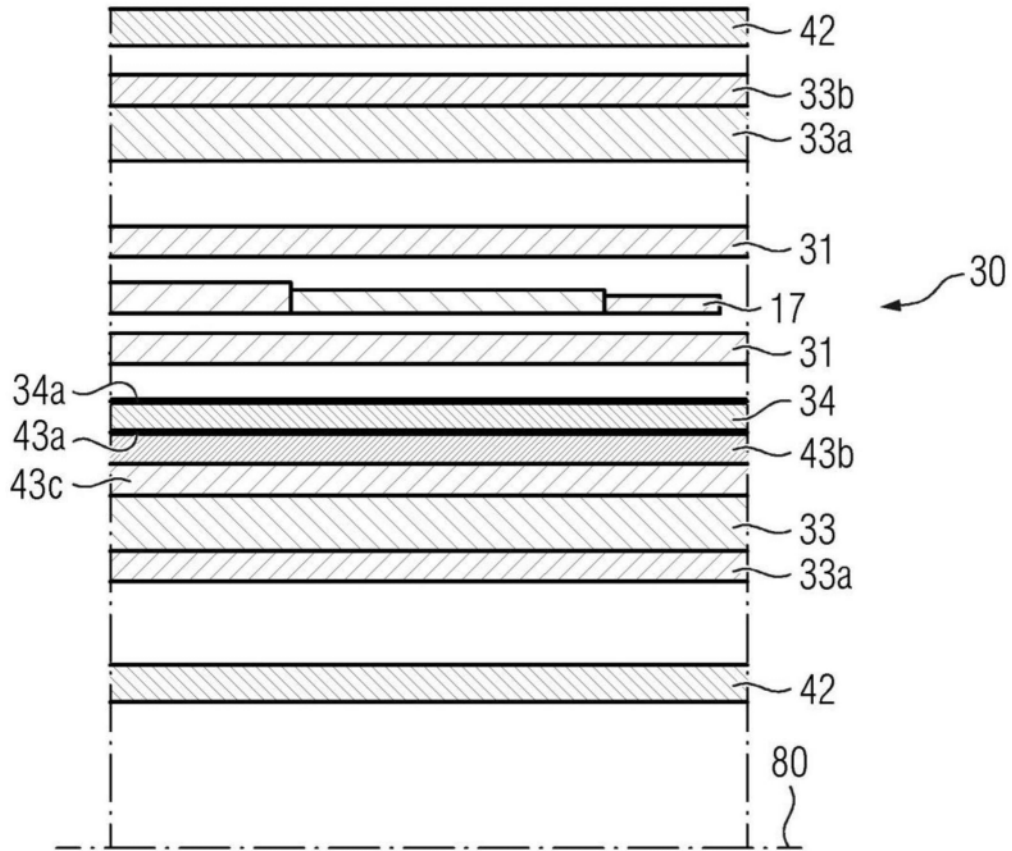


图9

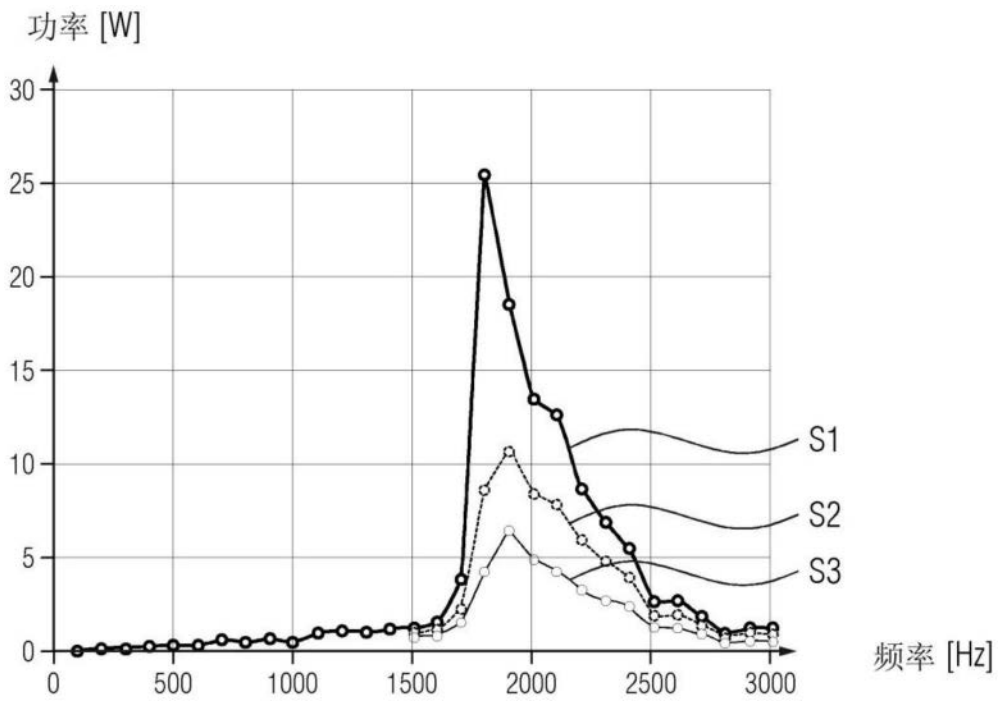


图10