



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114334342 B

(45) 授权公告日 2024. 07. 30

(21) 申请号 202011060915.3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2020.09.30

US 2011179809 A1, 2011.07.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

审查员 吴肖志

申请公布号 CN 114334342 A

(43) 申请公布日 2022.04.12

(73) 专利权人 西门子医疗有限公司

地址 英国萨里郡坎伯利

(72) 发明人 W·J·比克尔 S·乔利 龙志强

吴俊钊

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

专利代理师 赵林琳

(51) Int. Cl.

H01F 6/04 (2006.01)

H01F 6/06 (2006.01)

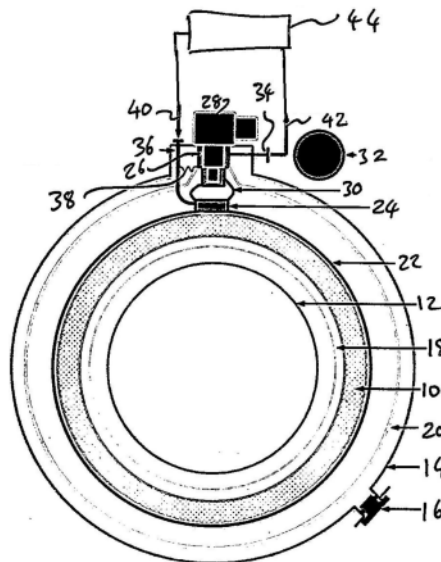
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

用于对低温冷却装置预冷却和从中去除积冰的方法和装置

(57) 摘要

本公开的实施例涉及用于对低温冷却装置预冷却和从中去除积冰的方法和装置。公开了一种超导磁体装置,包括外真空容器(OVC),其容纳:磁体线圈(10);热链接到磁体线圈(10)的致冷剂器皿(24);接纳冷头(28)的冷头套(26),热接触被提供在冷头(28)和磁体线圈(10)之间;以及链接致冷剂器皿(24)的内部与冷头套(26)的内部的管(30)。热虹吸回路由致冷剂器皿(24)、管(30)和冷头套(26)来限定。通过使用热虹吸回路,可以执行预冷却以及积冰的去除。



1. 一种超导磁体装置,包括外真空容器OVC,所述OVC容纳:
 - 磁体线圈(10);
 - 致冷剂器皿(24),所述致冷剂器皿(24)与所述磁体线圈(10)热链接;
 - 冷头套(26),所述冷头套(26)接纳冷头(28),热接触被提供在所述冷头(28)和所述磁体线圈(10)之间;以及
 - 管(30),所述管(30)链接所述致冷剂器皿(24)的内部与所述冷头套(26)的内部,使得所述致冷剂器皿(24)、所述管(30)和所述冷头套(26)限定热虹吸回路;其特征在于,
 - 辅助通风管(36)被提供,所述辅助通风管(36)提供从所述致冷剂器皿(24)到所述OVC(12、14)的外部的流体路径,以及
 - 连接端口(34)被提供,所述连接端口(34)提供从所述致冷剂器皿(24)到所述OVC(12、14)的外部的流体路径。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述辅助通风管(36)在不使用时被密封。
3. 根据权利要求2所述的装置,其中爆破盘或泄压阀被安装在所述辅助通风管(36)的上暖端上,以在不使用时密封所述辅助通风管。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的装置,其中所述连接端口(34)在不使用时被密封。
5. 一种用于对超导磁体进行预冷却的装置,包括根据权利要求1所述的装置,还包括用于使冷却流体循环通过所述致冷剂器皿(24)的装置。
6. 一种用于对根据权利要求1所述的装置的热虹吸回路去冰的装置,还包括用于在温度超过在所述热虹吸回路内形成冰的材料的蒸发点时使流体循环通过所述致冷剂器皿(24)的装置。
7. 一种用于对包括根据权利要求1所述的装置的超导磁体进行预冷却的方法,包括使冷却流体循环通过所述致冷剂器皿(24)的步骤。
8. 一种用于对根据权利要求1所述的超导磁体装置的热虹吸回路去冰的方法,包括在温度超过在所述热虹吸回路内形成冰的材料的蒸发点时使流体循环通过所述致冷剂器皿(24)的步骤。

用于对低温冷却装置预冷却和从中去除积冰的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及低温冷却装置。特别地,本发明涉及用于超导磁体的低温冷却装置。

背景技术

[0002] 已知的“低致冷剂质量”超导磁体具有比被冷却的磁体线圈更小的致冷剂器皿。致冷剂器皿与被冷却的线圈热接触。在某些已知的系统中,提供了一种以电驱动的制冷机形式的低温冷却器,其通过管与致冷剂器皿相连从而形成热虹吸装置:致冷剂器皿中的致冷剂通过沸腾从线圈吸收热。沸腾的致冷剂通过一管上升、朝向由低温冷却器所冷却的热交换器。沸腾的致冷剂被低温冷却器冷却回液体形式,并且向下行进回一管进入致冷剂器皿,该管是相同的管或不同的管。

[0003] 图1图示了低致冷剂质量的超导磁体的常规装置。超导磁体线圈10被安装在外真空容器(“OVC”)内,外真空容器包括OVC孔管12和OVC外壳14。可以提供泵出端口16,以用于从OVC的内部去除气体来创建所需的真空。热屏蔽件位于超导线圈10和OVC之间,包括热屏蔽件孔管18和热屏蔽件外壳20。冷却路径22被提供:围绕磁体线圈10到达致冷剂器皿24的相对高的导电性路径。冷却路径22用于使热从磁体线圈10移动到致冷剂器皿24。在OVC上提供有冷头套26,以用于接纳电驱动的低温制冷机的冷头28。管30将致冷剂器皿24连接到冷头套26,以限定常规在其自身中的热虹吸装置。一管在致冷剂器皿24的上端附近被连接到冷头套26,以用于运送沸腾的蒸汽,而另一管在冷头套26的下端附近被连接到致冷剂器皿24,以用于使液化的、或至少被冷却的致冷剂从冷头套26回流。在致冷剂器皿24中提供了一定量的致冷剂,其循环通过由致冷剂器皿24、冷头套26和管30限定的热虹吸器。气体缓冲器32可以包含致冷剂气体,其被示出为通过连接端口34链接到冷头套26。这可以图示出填充致冷剂器皿24的方式。冷头套26可以通过连接端口34而被排空;被填充有致冷剂气体的气体缓冲器32被连接到连接端口34;冷头28使致冷剂气体凝结成液体,该液体向下行进到致冷剂器皿24中。气体缓冲器可以被去除、重新填充和替换,并且该过程被重复,直到所需量的液体致冷剂存在于致冷剂器皿为止。

[0004] 通过将OVC通过泵出端口16排空并且通过提供热屏蔽件18、20,大多数所描述的组件用于提供磁体线圈10的热绝缘。如所描述的,通过致冷剂的循环来提供冷却。OVC 12、14内的真空通过对流或气体传导而消除对磁体线圈10的热传递。热屏蔽件18、20减少对磁体线圈10的热辐射。冷头28提供主动冷却。

[0005] 在制造期间,整个结构保持处于大约300K的环境温度。超导磁体线圈10必须被冷却到低温温度以进行操作:如果致冷剂为氦,则该低温温度通常约为4K。仅使用冷头28将超导磁体线圈冷却到这样的温度将花费很长的时间并使用大量的电,因为冷头28不能高效地从环境温度冷却。

发明内容

[0006] 本发明提供了可以被用来提供从环境温度进行更快冷却的方法和装置。在本文

中,从环境温度开始的初始冷却可以被称为“预冷却”。

[0007] 此外,在冷却到这样的低温温度以用于超导磁体线圈10的操作时,致冷剂器皿24、管30或冷头套26内的任何杂质气体将冻结成冰。这样的冰通常会附着到最冷的热传递表面。冰会形成降低该热传递表面的热传递效率的层,和/或可以限制致冷剂在热虹吸器中的均匀阻塞循环。传统的装置还没有提供去除这样的冰的简单方式,但是可能需要加温并重新冷却整个磁体,这会浪费时间和能量。本发明还提供了可以被用来去除这样的冰的方法和装置。

附图说明

[0008] 图1图示了低致冷剂质量的超导磁体的常规装置;

[0009] 图2图示了在第一操作模式下的根据本发明实施例的低致冷剂质量的超导磁体;

[0010] 图3图示了在第二操作模式下的根据本发明实施例的低致冷剂质量的超导磁体。

具体实施方式

[0011] 图2图示了根据本发明实施例的低致冷剂质量的超导磁体。与图1相同的特征带有对应的附图标记。

[0012] 在所图示的本发明实施例中,添加了辅助通风管36。还添加了热拦截件38,其将辅助通风管36上的位置热链接到冷却表面。典型地,如在附图中示意性地表示的,在冷头28是两级低温冷却器的情况下,热拦截件将辅助通风管36上的位置热链接到冷头套26的、由冷头28的第一级来冷却的一部分。

[0013] 辅助通风管36提供了从致冷剂器皿24到OVC 12、14外部的流体路径。在超导磁体的正常操作中,当不使用辅助通风管36时,辅助通风管36例如由泄压阀、爆破盘或盲法兰来关闭。

[0014] 热拦截件38将辅助通风管36上的位置热链接到冷头套26上的位置,以用于通过冷头28的第一级进行冷却。热拦截件38用于减少通过辅助通风管36到冷质量的热负荷,并且减少热声振荡的趋势,热声振荡会向冷却系统引入大的热负荷。

[0015] 热拦截件38减少了通过管的热导热负荷。在正常操作或冷却期间,在冷头28和致冷剂器皿24之间发生致冷剂气体的自然对流,并且辅助通风管36不起作用。少量的致冷剂气体将保留在辅助通风管36中,但在冷却操作中不起作用。

[0016] 图3图示了当被用于从环境温度预冷却磁体线圈10时的图2的实施例。与图1或图2相同的特征带有对应的附图标记。在此,辅助通风管36被用来使外部冷却装置44能够提供从环境温度开始的初始冷却。这样的外部冷却装置44在环境温度下可以比冷头28提供更大的冷却功率。因此,提供了一种用于使冷却流体循环通过热虹吸回路的装置。

[0017] 辅助通风管36被打开以提供用于冷却流体的入口40。气体缓冲器32从连接端口34断开,以提供用于冷却流体的出口42。

[0018] 例如,诸如氮的廉价致冷剂液体或可以再次是氮的冷气体可以通过穿过致冷剂器皿24的辅助通风管36被引入到入口40中,致冷剂器皿24在此阶段不包含任何其他致冷剂,并且致冷剂液体或冷气体通过连接端口34到达出口42。液体氮或气态氮是这种用途的优选材料,因为其既丰富又便宜,可以简单地被允许排放到大气中,并且在其使用中需要相

对较少的安全预防措施。

[0019] 在最简单的装置中,液体氮可以被引入到辅助通风管36中,被允许在致冷剂器皿24中沸腾,并且然后沸腾的氮气可以被允许作为气体从连接端口34或出口42排出到大气中。备选地,尽管在附图中未图示,但是氮可以在相反的方向中流动,作为液体被引入到连接端口34中并且被允许作为气体通过辅助通风管36排出。

[0020] 可以以类似方式采用冷氮气。备选地,可以提供冷却环路,该冷却环路具有氮或其他热传递材料,循环通过入口40、辅助通风管36、致冷剂器皿24、连接端口34和出口42,到达制冷机,并且通过入口40返回。在这样的冷却环路中的制冷机可以是在300K处具有比冷头28大得多的冷却功率的设计。一旦磁体线圈10已经被外部冷却装置44稍微冷却,就可以将冷头28带入操作以完成将磁体线圈10冷却到所需的低温操作温度。通过使用液氮,磁体线圈10可以被冷却到80-100K的区域中的温度。此温度或更高温度的一些氮可以被用来冲刷掉致冷剂器皿24或冷却环路30、26中保留的任何氮,而不存在氮冻结成冰的风险。然后,例如通过使用如上所述的泄压阀、爆破盘或盲法兰,关闭辅助通风管36。然后,可以从气体缓冲器32向致冷剂器皿24和冷却环路30、28填充氮或其他优选的致冷剂,以用于超导磁体线圈10的操作。可以通过由冷头28以及致冷剂围绕热虹吸器的循环所进行的冷却来继续冷却,热虹吸器由致冷剂器皿24、管30和冷头套26来限定。随着冷却的进行,致冷剂可能会液化,并且更多的致冷剂可以通过连接端口34从气体缓冲器32引入以填充致冷剂器皿24。

[0021] 与仅使用冷头28将磁体线圈10从环境温度冷却到其低温操作温度的常规方法相比,通过此方法可以大大缩短冷却时间。

[0022] 根据本发明的另一方面,辅助通风管36可以被用于从致冷剂器皿24、管30和冷头套26的热虹吸回路内清除冰的方法中。在一些情况下,热虹吸管中的致冷剂不是纯的,例如由于在生产或维护期间的空气进入、泄漏、所供应的致冷剂不纯等。当超导磁体被冷却时,这样的杂质气体将在致冷剂器皿24、管30或冷头套26中的冷却表面上冻结。

[0023] 与图3中所示的配置相对应的配置可以被用于去冰。暖气体,即温度高于构成冰的材料的蒸发点的气体,以类似于图3中所示的方式循环:到入口40中、通过辅助通风管并且到致冷剂器皿24中。相应地,该配置包括用于使流体在超过冰的材料的蒸发点的温度进行循环的装置。暖气体还流经冷头套26和管30,以通过连接端口34到出口42离开热虹吸回路。特征44可以被加热器替换以将暖气体保持处于期望的温度,该期望的温度足以引起热虹吸回路中冰的材料的蒸发,特征44表示图3中的外部冷却装置,其中本发明被用来对磁体线圈10进行预冷却。因此,暖气体可以围绕热虹吸回路进行循环,热虹吸回路包括入口40、辅助通风管36、致冷剂器皿24、冷头套26、管30、连接端口34、出口42和加热器。在这种实施例的变型中,可以调节该装置,使得暖气体沿相反的方向循环。在另一变型中,暖气体没有围绕闭合的回路循环,但是被引入到入口40中,并且然后通过出口42被排出到大气中;或者备选地,可以被引入到出口42中,并且通过入口40排出到大气中。在这样的装置中,由于氮的丰富、低成本且不被视为污染物的特性,因此优选使用氮作为暖气体。

[0024] 暖气体穿过热虹吸回路使致冷剂器皿24、管30或冷头套26中的任何冰蒸发。如上所述,对暖气体进行去冰的单向流动高效地清洁了整个热虹吸致冷剂回路。该去冰方法将致冷剂器皿24、管30和冷头套26局部加温到超过冰的材料的蒸发点的温度,并且从热虹吸致冷剂回路中清除冰的材料。OVC 12、14、磁体线圈10和相关联的硬件具有大得多的热惯

性,并且可以在不将磁体线圈10加温到任何显著程度的情况下执行这样的冰材料的蒸发和清除。优选地,一旦完成冰清除操作,就可以使用冷头28重新开始对磁体线圈10的冷却。简而言之,实际上,通过将热通过冷却路径22传递到磁体线圈10,可以冷却热虹吸致冷剂回路、致冷剂器皿24、管30和冷头套26的组件。然而,磁体线圈10的热惯性很大,以至于观察不到其温度的显著变化。以此方式,可以在不将超导线圈的温度升高到任何显著程度的情况下进行冰清除。包括磁体线圈10和相关联硬件的冷质量可以用最小的热输入被保持冷却。冷头28的操作可以确保磁体线圈10维持处于大约的操作温度。因此,在去除冰的干预之后,超导磁体可以迅速恢复使用。

[0025] 因此,本发明提供了以下方法和装置:其用于对磁体线圈进行预冷却;以及用于从热虹吸致冷剂回路中清除冰材料。

[0026] 在优选的实施例中,特别是为了将辅助通风管36用于以外部冷却源来冷却磁体,从OVC外部可访问的、辅助通风管36的上“暖”端被布置成能够连接到用于低温传递线的标准接合件。例如,辅助通风管36的上部分可以是直的,其具有合适的内径以用于插入低温绝热的管道线,该管道线可以被用来以小的热负荷将冷却的致冷剂传递到辅助通风管36中。

[0027] 可以清除冰材料,同时可以以非常小的热输入使磁体冷质量保持低温,并且可以在短时间内通过冷头28对磁体进行重新冷却。

[0028] 辅助通风管36的下“冷”端连接到致冷剂器皿24。当使用外部冷却源44将辅助通风管36用来对磁体线圈10进行预冷却时,冷却致冷剂可以对致冷剂器皿24进行冷却。在去冰的情况下,暖气体对致冷剂器皿24进行局部加温以蒸发任何冰。

[0029] 辅助通风管36的壁厚和材料应该通过平衡低导热率 and 高压能力的对立要求而被优化。合适的材料可以是不锈钢,但是可以备选地使用能够满足性能要求的其他材料。

[0030] 辅助通风管36可以由弯管、或诸如编织不锈钢波纹管之类的柔性软管、或直管和柔性软管的组合而制成。

[0031] 辅助通风管36还可以为致冷剂回路提供安全路径。爆破盘或泄压阀或类似装置可以被安装在辅助通风管的上暖端,以在不使用时密封辅助通风管,但是也为致冷剂从热虹吸致冷剂路径中离开提供安全路径,例如在积冰的情况下。

[0032] 此外,本发明的辅助通风管36可以被用作在去往连接端口34的主要致冷剂处理路径发生堵塞的情况下的备用致冷剂处理路径。所有与致冷剂有关的动作,诸如填充、排出、泄漏检查、致冷剂回路冲刷、致冷剂充注或释放,都可以在连接端口34堵塞的情况下通过辅助通风管36进行。

[0033] 本发明提供的辅助通风管36也可以例如在结合观察镜使用或结合管道镜使用时被用于检查,管道镜可以向下穿过辅助通风管36以研究去冰前/后的冰污染水平。

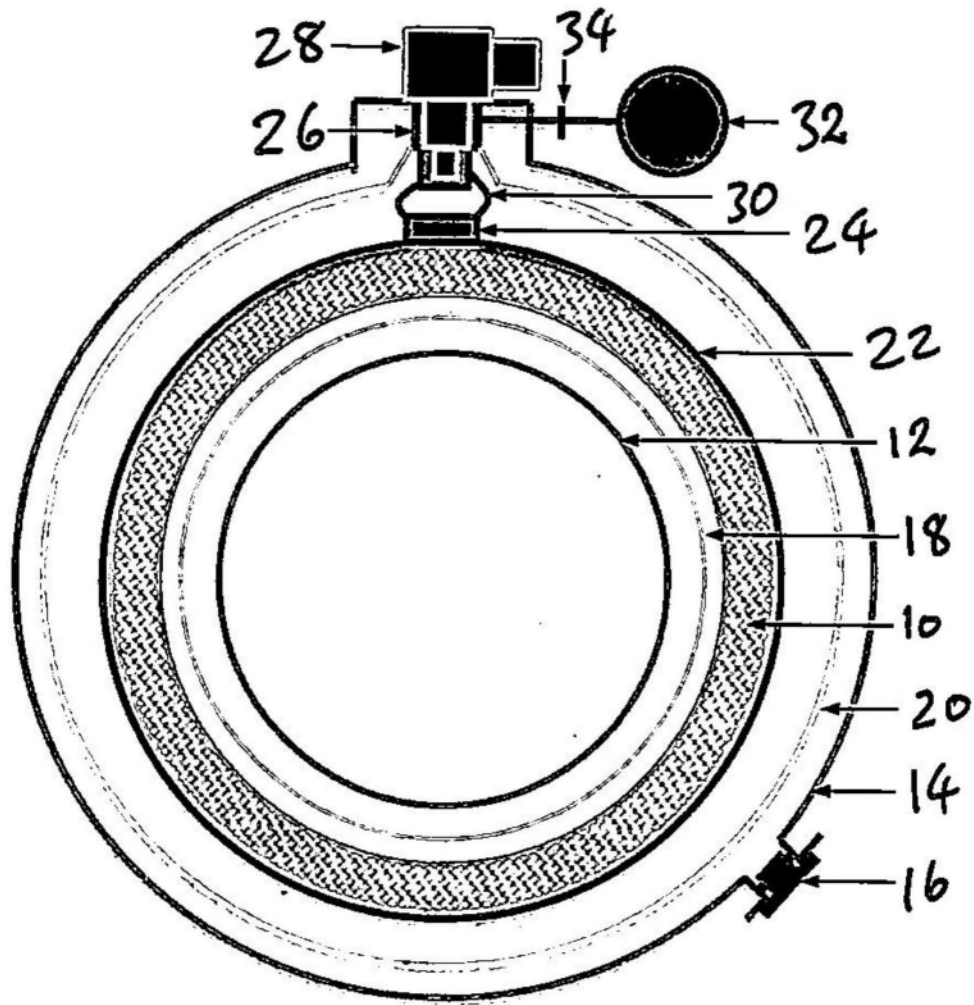


图1

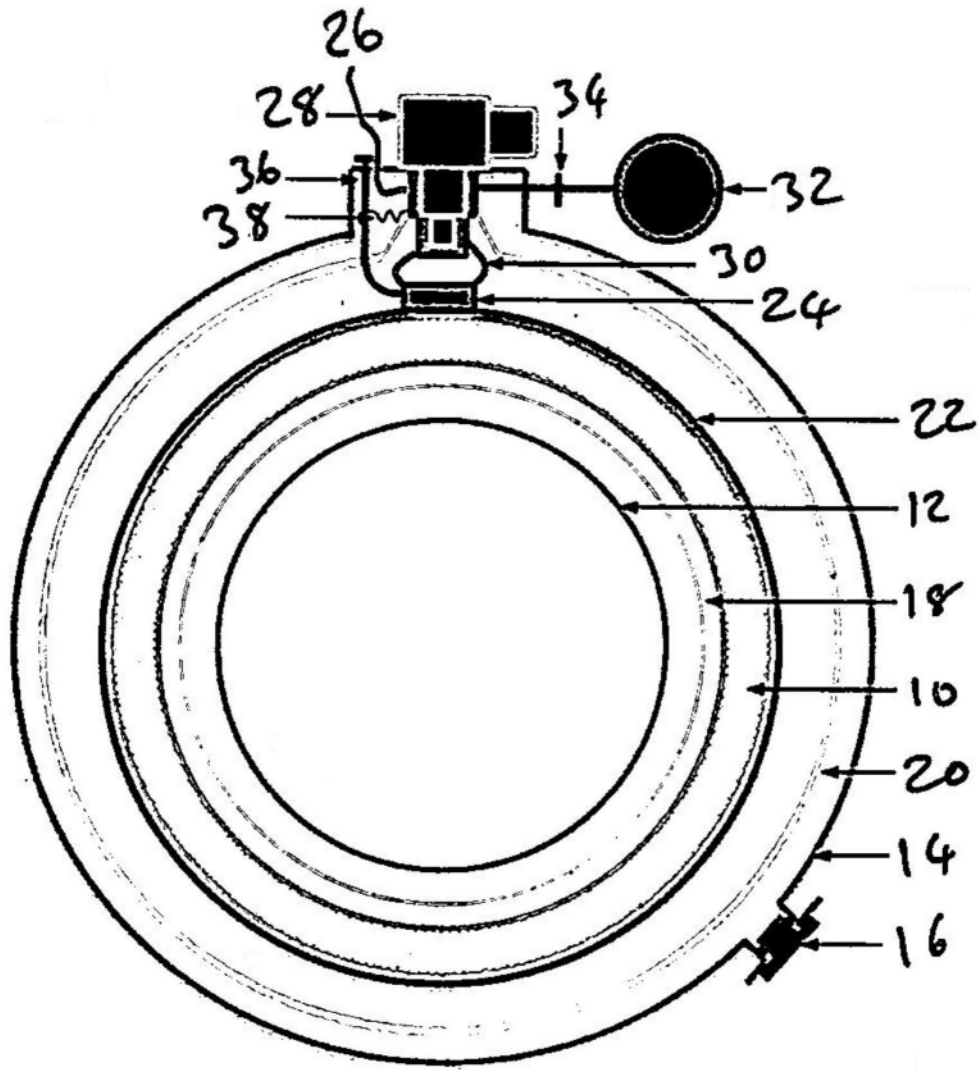


图2

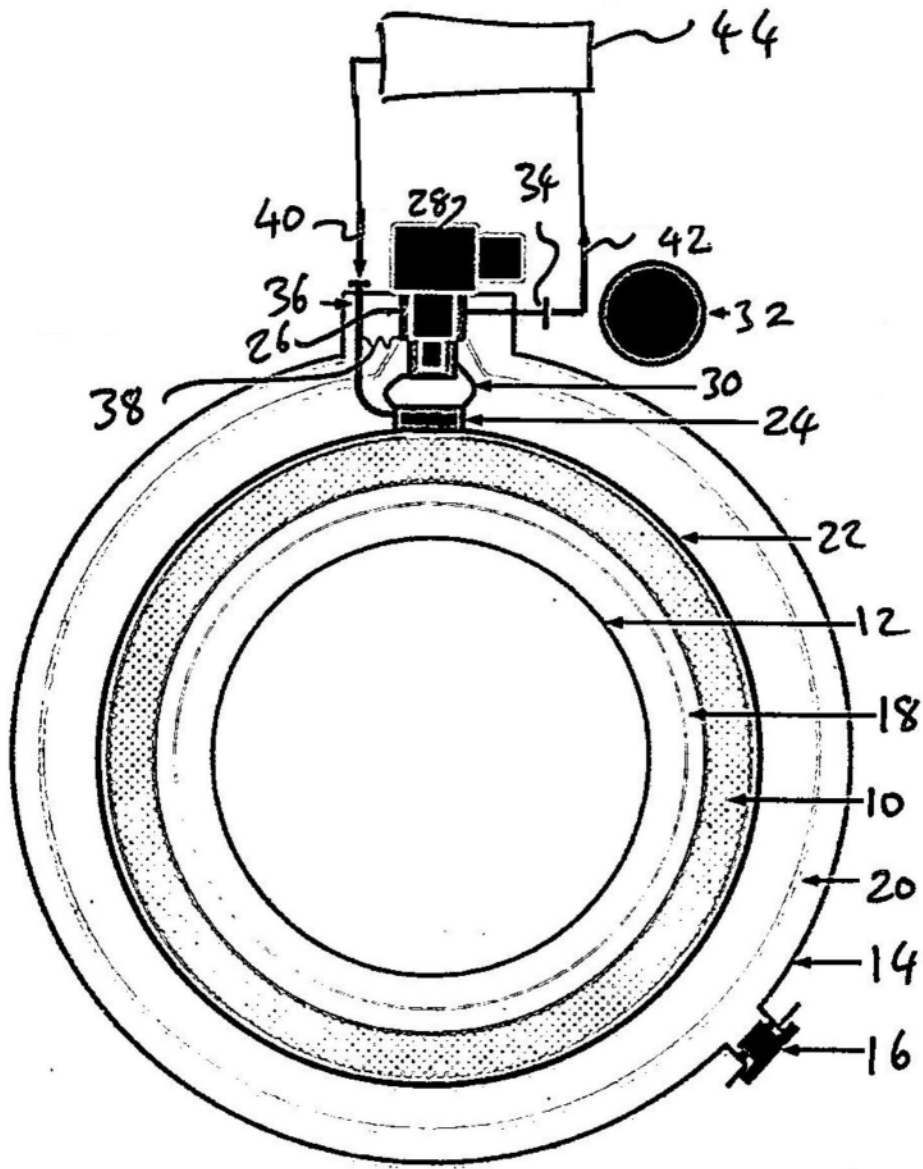


图3