



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102318098 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 14

(21) 申请号 201080007705. 6

(22) 申请日 2010. 10. 05

(30) 优先权数据

2009-237309 2009. 10. 14 JP

2010-192004 2010. 08. 30 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 08. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/067403 2010. 10. 05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/046038 JA 2011. 04. 21

(73) 专利权人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 尾山仁 新里刚

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 孙志湧 穆德骏

(51) Int. Cl.

H01L 39/04 (2006. 01)

H01R 4/68 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101017722 A, 2007. 08. 15,

JP 特开 2007-214546 A, 2007. 08. 23,

JP 特开 2008-218861 A, 2008. 09. 18,

审查员 张文星

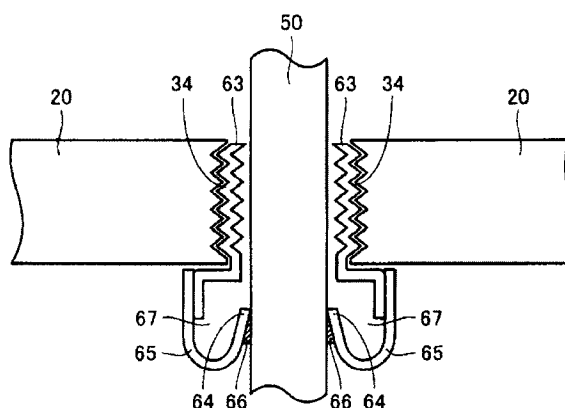
权利要求书3页 说明书19页 附图8页

(54) 发明名称

用于超导装置的容器和超导装置

(57) 摘要

本发明提供了超导装置的容器和超导装置。所述容器在其中安装作为包括超导体的构件的超导线圈。所述容器设置有：真空绝缘容器 (20)，其作为由树脂制成并且设置有开口的壳体；引线电极 (50)，其作为金属构件，被设置成使得其穿过所述开口；以及连接构件 (63) 和 (65) 的组合，其覆盖所述开口，将引线电极 (50) 连接到真空绝缘容器 (20)，并且设置有作为热应力缓和部的弯曲部。通过具有以上结构，所述容器可以抑制在金属构件通过并且固定于所述容器的壁的部分中出现分离和裂缝，在所述容器中安装诸如超导线圈的超导。



1. 一种用于超导设备的容器,所述容器在其内部安装有包括超导体的构件,并且所述容器包括:

- (a) 壳体,所述壳体由树脂制成并且设置有开口;
- (b) 金属构件,所述金属构件被定位成穿过所述开口;以及
- (c) 连接构件,所述连接构件覆盖所述开口并将所述金属构件连接到所述壳体,并且所述连接构件设置有热应力缓和部,

其中,所述连接构件设置有弯曲部作为所述热应力缓和部。

2. 根据权利要求1所述的用于超导设备的容器,其中,所述连接构件包括:

- (a) 壳体侧固定部,所述壳体侧固定部与所述开口的壁相接触;以及
- (b) 金属构件侧固定部,所述金属构件侧固定部的宽度大于所述开口的宽度并且所述金属构件侧固定部设置有所述弯曲部;

其中,在所述金属构件侧固定部中,所述金属构件侧固定部的一端连接到所述壳体侧固定部并且另一端连接到所述金属构件,以所述弯曲部为中介,所述另一端被定位在所述一端的相对侧。

3. 根据权利要求1或2所述的用于超导设备的容器,其中,
所述连接构件由Fe-Ni合金构成。

4. 一种用于超导设备的容器,所述容器在其内部安装有包括超导体的构件,并且所述容器包括:

- (a) 壳体,所述壳体由树脂制成并且设置有开口;
- (b) 金属构件,所述金属构件被定位成穿过所述开口;以及
- (c) 连接构件,所述连接构件覆盖所述开口并将所述金属构件连接到所述壳体,并且所述连接构件设置有热应力缓和部,

其中:

- (a) 所述连接构件包括:
 - (a1) 壳体侧固定部,所述壳体侧固定部由树脂制成并与所述开口的壁相接触;以及
 - (a2) 金属构件侧固定部,所述金属构件侧固定部由金属制成并连接到所述金属构件;
- (b) 所述壳体侧固定部具有在所述壳体的外表面的上方的位置处从所述开口向外侧延伸的树脂质凸缘部;
- (c) 所述金属构件侧固定部具有位于与所述树脂质凸缘部相对的位置的金属凸缘部;
- (d) 所述金属凸缘部通过结合构件来与所述树脂质凸缘部相结合;并且,
- (e) 所述热应力缓和部包括在所述金属凸缘部和所述树脂质凸缘部之间的结合部。

5. 一种用于超导设备的容器,所述容器在其内部安装有包括超导体的构件,并且所述容器包括:

- (a) 壳体,所述壳体由树脂制成并且设置有开口;
- (b) 金属构件,所述金属构件被定位成穿过所述开口;以及
- (c) 连接构件,所述连接构件覆盖所述开口并将所述金属构件连接到所述壳体,并且所述连接构件包括由金属制成的可弹性变形部,

其中,所述连接构件包括:

- (a) 壳体侧固定部,所述壳体侧固定部与所述开口的壁相接触;以及

(b) 金属构件侧固定部,所述金属构件侧固定部的宽度大于所述开口的宽度并且设置有所述可弹性变形部;

其中,在所述金属构件侧固定部中,所述金属构件侧固定部的一端连接到所述壳体侧固定部并且另一侧连接到所述金属构件,以所述可弹性变形部为中介,所述另一端被定位在所述一端的相对侧。

6. 一种用于超导设备的容器,所述容器在其内部安装有包括超导体的构件,并且所述容器包括:

(a) 壳体,所述壳体由树脂制成并且设置有开口;

(b) 金属构件,所述金属构件被定位成穿过所述开口;以及

(c) 连接构件,所述连接构件覆盖所述开口并将所述金属构件连接到所述壳体,并且所述连接构件包括由金属制成的可弹性变形部,

其中:

(a) 所述连接构件包括:

(a1) 壳体侧固定部,所述壳体侧固定部由树脂制成并与所述开口的壁相接触;以及

(a2) 金属构件侧固定部,所述金属构件侧固定部由金属制成并具有所述可弹性变形部,并且金属构件侧固定部连接到所述金属构件;

(b) 所述壳体侧固定部具有在所述壳体的外表面的上方的位置处从所述开口向着外侧延伸的树脂质凸缘部;

(c) 所述金属构件侧固定部具有位于与所述树脂质凸缘部相对的位置的金属凸缘部;

(d) 所述金属凸缘部通过结合构件来与所述树脂质凸缘部相结合;并且,

(e) 所述可弹性变形部包括在所述金属凸缘部和所述树脂质凸缘部之间的结合部。

7. 根据权利要求4或6所述的用于超导设备的容器,其中,

在所述金属凸缘部中,在与所述结合构件相接触表面上,形成沿着一个圆的圆周延伸的弧形凹凸部,其中所述圆的圆心是所述金属凸缘部与所述金属构件相连接的连接部的中心。

8. 根据权利要求4或6所述的用于超导设备的容器,其中:

(a) 所述壳体侧固定部设置有贯通孔,所述贯通孔位于所述壳体的所述开口的内部;

(b) 所述金属构件插入到所述贯通孔中;

(c) 所述贯通孔在其内表面处设置有内螺纹;

(d) 所述金属构件在其外表面处设置有外螺纹;以及

(e) 所述外螺纹与所述内螺纹啮合,使得所述金属构件固定到所述壳体侧固定部。

9. 根据权利要求7所述的用于超导设备的容器,其中:

(a) 所述壳体侧固定部设置有贯通孔,所述贯通孔位于所述壳体的所述开口的内部;

(b) 所述金属构件插入到所述贯通孔中;

(c) 所述贯通孔在其内表面处设置有内螺纹;

(d) 所述金属构件在其外表面处设置有外螺纹;以及

(e) 所述外螺纹与所述内螺纹啮合,使得所述金属构件固定到所述壳体侧固定部。

10. 一种超导设备,包括:

(a) 根据权利要求1或5所述的用于超导设备的容器;以及

(b) 包括超导体并且被安装在用于所述超导设备的所述容器中的构件。

用于超导装置的容器和超导装置

技术领域

[0001] 本发明涉及用于超导装置的容器和超导装置,更具体来讲,涉及用于超导装置的容器和包含用于超导装置的上述容器的超导装置,所述容器被提供有用于将超导布线连接到外部的连接结构。

背景技术

[0002] 已知的是,可以通过使用 Bi (铋) 或 Y (钇) 基氧化物超导材料形成而非使用诸如 Nb₃Sn (铌-锡合金) 的金属超导材料形成具有较高临界温度的超导布线。因此,近年来,期望将尤其是通过使用氧化物超导材料形成的超导布线用作电磁和功率传输的布线。如上所述,与传统的超导布线相比,近年来的超导布线可以在相当高的温度下使用。但是,需要将使用上述超导布线形成的并且放置在使用液氮得到的低温环境下的超导线圈等电连接到外部负载。为了满足以上要求,采用了如下结构:其中,超导线圈放置在液氮浴中以通过使用诸如引线电极的金属构件电连接到外部负载。用于将作为冷却介质的液氮供应到液氮浴的管道被连接到其中安装有超导线圈的液氮浴。

[0003] 所希望的是,液氮浴是真空绝缘容器,以便抑制热渗透到容纳液氮(和超导线圈)的液氮浴中,使得液氮浴的内部可以保持在被充分冷却的温度条件下,以使得超导线圈能够发生作用。具体来讲,设置有热辐射阻挡膜的真空绝缘容器可以高度有效率地抑制从外部渗透热。广泛使用由 FRP (纤维强化塑料) 制成的容纳容器作为用于容纳超导线圈的液氮浴(真空绝缘容器)。因为 FRP 具有足够的强度并且成本低,所以其被广泛用作容纳容器的材料。通过在由 FRP 制成的真空绝缘容器(容纳容器)的内部处设置热辐射阻挡膜,可以确保容纳超导线圈的液氮浴相对于外部热绝缘。

[0004] 由 FRP 制成的上述容纳容器设置有开口,开口穿过形成容器壁的 FRP 板,并且诸如引线电极和金属管道的金属构件被放置成使得其穿过开口。为了将 FRP 制成的容纳容器的壁和穿透容纳容器的壁的金属构件彼此牢固地固定,传统上,穿过由 FRP 制成的容纳容器的壁设置的开口的壁被设置有内部螺纹,并且被设置成使得其穿过开口的金属构件的外周设置有外部螺纹,通过将外部螺纹旋入内部螺纹将这两者彼此固定。为了进一步增强这两个构件之间的结合强度,有时在外部螺纹和内部螺纹之间放置粘合剂。

[0005] 在将金属构件固定到由 FRP 制成的容纳容器的上述方法中,在旋入金属构件的外部螺纹部之前,从 FRP 板开口的外部施用粘合剂。结果,当机械或热应力施加到内部螺纹和外部螺纹之间的粘合剂结合部时,有时结合部分离或者有时在结合部处出现裂缝。当上述分离或裂缝显现时,空气会从外部漏进真空隔离的容器。当出现这种泄漏时,超导线圈的功能会遭到损害。

[0006] 为了解决上述问题,例如,公开的日本专利申请 Tokukai2008-218861 (专利文献 1) 公开了制作具有如下结构的 FRP 低温恒温器的方法:在所述结构中,在设置有内部螺纹的构件(内部螺纹构件)和设置有外部螺纹的构件(外部螺纹构件)处都设置凸缘部,并且凸缘部被放置成使得其表面与 FRP 制成的容纳容器的板构件(壁)的表面齐平。专利文

献 1 中所述的 FRP 低温恒温器具有如下结构：在所述结构中，FRP 制成的容纳容器的板构件（壁）设置有凹部，凸缘部装配到该凹部中。这种结构允许粘合剂在凹部的底表面与装配的凸缘部的内表面的结合表面上均匀地施用。因此，这种结构还进一步增强了外部螺纹构件和内部螺纹构件之间的结合强度。换言之，即使当机械或热应力施加到外部螺纹构件和内部螺纹构件之间的结合部时，也可以抑制结合部处出现分离和裂缝。结果，可以确保超导线圈的功能。

[0007] 在专利文献 1 所公开的 FRP 低温恒温器中，即使当使用不同材料用于形成设置有凸缘部的外部螺纹构件和形成与外部螺纹构件结合的、诸如引线电极的金属构件时，因为这两个构件只是在外部螺纹构件中形成的接合插孔的一个地方处彼此固定，所以这种结构可以减轻固定部处的热应力浓度，所述热应力是由外部螺纹构件和金属构件之间的热膨胀差异（低温收缩率的差异）产生的。

发明内容

[0008] 技术领域

[0009] 尽管有以上描述，但是专利文献 1 所公开的 FRP 低温恒温器具有下述问题。在这种低温恒温器中，由于 FRP 制成的壳体和诸如外螺纹构件和金属构件的组件之间的热膨胀差异造成的热应力直接作用于由 FRP 制成的容纳容器和金属构件所结合的外螺纹构件之间的结合部上。结果，低温恒温器不能完全消除在结合部显现分离和裂缝的可能性。此外，因为 FRP 与形成金属构件和外螺纹构件的材料之间的热膨胀系数的差异大，所以上述在结合部处显现的分离和裂缝的可能性变高。

[0010] 依据上述问题，创造本发明。本发明的目的在于提供超导装置的容器和并入该超导装置的容器的超导装置，所述容器能够抑制在超导装置的容器的壁和金属构件之间的固定部处显现分离和裂缝，所述金属构件被固定使得其穿透超导装置的容器的壁（所述容器容纳诸如超导线圈的超导）。

[0011] 问题的解决方案

[0012] 一种本发明的用于超导装置的容器，所述容器在其中安装包括超导体的构件。所述超导装置的容器包括：

[0013] (a) 壳体，其由树脂制成并且设置有开口；

[0014] (b) 金属构件，其被设置成使得其穿过所述开口；以及

[0015] (c) 连接构件，其覆盖所述开口，将所述金属构件连接到所述壳体并且设置有弯曲部。

[0016] 例如，由树脂制成的上述壳体可以由 FRP 形成。

[0017] 将下面的情况当作实例。在超导装置的容器中，上述金属构件通过连接构件固定到由树脂制成的壳体中。在这个容器中，例如，为了冷却超导，将壳体内部的温度降低至液氮温度。此时，因为形成壳体的材料与形成金属构件的材料之间存在热膨胀系数差异，所以壳体由温度变化造成的变形量（热收缩量）与金属构件是不同的。在这种情况下，当金属构件只是通过粘合剂等连接并固定到真空绝缘容器时，在壳体和粘合剂之间以及在粘合剂和金属构件之间的连接部处会显现分离或裂缝。另一方面，在用于将金属构件连接到壳体的连接构件具有弯曲部的情况下，即使由于用于超导装置的容器的温度升高（或降低）导

致出现膨胀（或收缩），金属构件与壳体之间的热膨胀（或收缩）量差异也被弯曲部的变形吸收，所述弯曲部是吸收金属构件与壳体之间的热收缩量差异的结构。上述构造可以抑制在金属构件与壳体连接的连接部处的热应力造成出现诸如分离和裂缝的问题，并由此使得金属构件能够与壳体可靠地连接。

[0018] 一种本发明的用于超导装置的容器，所述容器在其中安装包括超导体的构件。用于超导装置的容器具有：

[0019] (a) 壳体，其由树脂制成并且设置有开口；

[0020] (b) 金属构件，其被设置成使得其穿过所述开口；以及

[0021] (c) 连接构件，其覆盖所述开口，将所述金属构件连接到所述壳体并且包括由金属制成的可弹性变形部。

[0022] 将下面的情况当作实例。在用于超导装置的容器中，例如，为了冷却超导，将壳体内部处的温度降低至液氮温度。此时，因为形成壳体的材料与形成金属构件的材料之间存在热膨胀系数差异，所以壳体由温度变化造成的变形量（热收缩量）与金属构件是不同的。在这种情况下，当金属构件只是通过粘合剂等连接并固定到壳体时，在壳体和粘合剂之间以及粘合剂和金属构件之间的连接部处会显现分离或裂缝。另一方面，在本发明的用于超导装置的容器中，用于将金属构件连接到壳体的连接构件具有由金属制成的可弹性变形部，所述可弹性变形部是吸收金属构件与壳体之间的热收缩量差异的结构。因此，即使由于用于超导装置的容器的温度升高（或降低）导致出现膨胀（或收缩），金属构件与壳体之间的热膨胀（或收缩）量差异也被可弹性变形部的弹性变形吸收。上述构造可以抑制在金属构件与壳体连接的部分处的热应力造成出现诸如分离和裂缝的问题，并且由此使得金属构件能够与壳体可靠地连接。

[0023] 一种本发明的超导装置，其具有：

[0024] (a) 上述超导装置的容器，以及

[0025] (b) 包括有超导体并且被安装在用于超导装置的容器中的构件。

[0026] 以上构造可以抑制在壳体的一部分（开口）处显现裂缝等，并由此能够实现具有高度可靠性的超导装置，金属构件穿过所述壳体的一部分。

[0027] 可以示出以下容器作为上述本发明的用于超导装置的容器实例：也就是说，超导装置的容器具有：

[0028] (a) 壳体，其由作为树脂实例的 FRP 制成并且超导线圈安装在其中；

[0029] (b) 引线电极，其是用于将超导线圈和外部负载电连接的金属构件；以及

[0030] (c) 连接构件，其将所述引线电极连接到所述壳体。

[0031] 设置引线电极使得其穿过开口，开口穿过由 FRP 制成并且组成壳体壁的板构件。引线电极通过具有弯曲部的连接构件连接到壳体。该构造抑制在引线电极与其中安装了超导线圈的壳体连接的部分处显现分离和裂缝。将引线电极牢固连接到壳体的上述构造可以已知产生如下现象：例如，超导线圈的电特性受外部空气流入到壳体中的影响。

[0032] 本发明有益的效果

[0033] 根据本发明，用于将金属构件连接到由树脂制成的壳体的连接构件可以吸收金属构件和壳体之间的热膨胀差异。因此，连接构件可以高度可靠性将金属构件牢固连接到壳体。因为用于将包括超导体的构件电连接到外部负载的、诸如引线电极的金属构件牢固连接到

上述由树脂制成并且包括超导体的构件安装在其中的壳体,所以可以抑制安装在壳体中的包括超导体的构件(例如,超导线圈)的电特性劣化。

附图说明

[0034] 图 1 是示出本发明的实施例中的超导装置的示意图。

[0035] 图 2 是图 1 中的虚线圈出的区域 A 的放大图。

[0036] 图 3 是图 2 所示区域的示意性透视图。

[0037] 图 4 是图 1 中的虚线圈出的区域 C 的放大图。

[0038] 图 5 是本发明的实施例 2 中的图 1 中的虚线圈出的区域 A 的放大图。

[0039] 图 6 是本发明的实施例 3 中的图 1 中的虚线圈出的区域 A 的放大图。

[0040] 图 7 是本发明的实施例 4 中的图 1 中的虚线圈出的区域 A 的放大图。

[0041] 图 8 是本发明的实施例 5 中的图 1 中的虚线圈出的区域 A 的放大图。

[0042] 图 9 是本发明的实施例 6 中的图 1 中的虚线圈出的区域 A 的放大图。

[0043] 图 10 是本发明的实施例 7 中的图 1 中的虚线圈出的区域 A 的放大图。

[0044] 图 11 是示出图 10 所示的树脂质凸缘部的表面的示意性平面图。

[0045] 图 12 是示出图 10 所示的金属凸缘部的表面的示意性平面图。

具体实施方式

[0046] 以下参照附图说明本发明的实施例。在这些实施例中,即使是在执行相同功能的组件具有不同附图标记的情况下,也不重复进行说明,除非确有必要。在附图中,尺寸的比例不必与说明中尺寸的比例一致。

[0047] 实施例 1

[0048] 本发明的实施例 1 中的超导装置设置有用用于超导装置的容器和超导线圈 60,所述容器是根据本发明的,并且所述超导线圈 60 安装在用于超导装置的容器中。用于超导装置的容器设置有:壳体,其由 FRP 制成,用于容纳超导线圈 60;引线电极 50,其是金属构件,用于将上述超导线圈与外部负载电连接;以及金属管道 70,其用于向壳体内供应作为冷却介质的液氮。更具体来讲,如图 1 中所示,超导线圈 60 被放置在真空绝缘容器 20 中,也就是说,放置在容器内部空间 10 中,所述真空绝缘容器 20 用作通过使用 FRP 板构件形成的壳体。用诸如液氮的冷却介质填充真空绝缘容器 20 的容器内部空间 10。这种构造使得超导线圈 60 能够用作电磁体。形成真空绝缘容器 20 的侧面之一的板构件设置有开口,以使得作为金属构件的引线电极 50 能够穿过。换言之,放置(连接)引线电极 50,使得它们穿透穿过图 1 中的真空绝缘容器 20 的下侧处所示的壁(板构件)设置的开口。

[0049] 开口还穿过图 1 中的真空绝缘容器 20 的上侧处所示的壁(板构件)设置。放置管道 70,使得它们穿过开口。管道 70 连接到冷却介质供应部(未示出)。通过管道 70 将作为冷却介质的液氮供应到容器内部空间 10。

[0050] 进一步地,将其中设置了真空绝缘浴 30 的真空绝缘容器 40 放置在真空绝缘容器 20 的外部处。换言之,通过双重真空绝缘容器使超导线圈 60 不受外部影响。例如,在真空绝缘浴 30 中设置热辐射阻挡膜。放置该膜,以抑制热渗透到真空绝缘容器 20 的内部空间 10 中,使得容器内部空间 10 可以保持在低温状态。

[0051] 如图 1 中所示,如同形成真空绝缘容器 20 的上述侧面的板构件一样,形成真空绝缘容器 40 的侧面之一的板构件(该侧面面对真空绝缘容器 20 的上述侧面)也设置有开口,用于使得引线电极 50 能够穿过。换言之,每个引线电极 50 在一端处连接到容器内部空间 10 中放置的超导线圈 60;穿过真空绝缘容器 20、真空绝缘浴 30 和真空绝缘容器 40;并且其另一端处例如连接到真空绝缘容器 40 的外部处放置的外部负载(未示出)。

[0052] 即使当真空绝缘容器 20 的内部空间 10 如图 1 中所示地与外部双重热绝缘时,有时热也从外部渗透到真空绝缘容器 20 的内部空间 10 中。外部渗入的热(热渗透)被分为三种类型:一种是从真空绝缘容器 20 的表面渗透到容器内部空间 10 中的热 Q_c ,另一种是通过与超导线圈 60 连接的引线电极 50 从外部渗透到容器内部空间 10 中的热 Q_L ,并且还有一种是通过管道 70 从外部渗透到容器内部空间 10 的热 Q_N 。

[0053] 当真空绝缘浴 30 中的真空度被表示为 P 、真空绝缘浴 30 的间隙长度被表示为 h 并且真空绝缘容器 40 的外表面面积被表示为 S 时,热 Q_c 正比于 $P^2 \times S/h$ 。在以上说明中,间隙长度等于图 1 中的真空绝缘浴 30 的宽度,也就是说,真空绝缘容器 20 的外表面和真空绝缘容器 40 的外表面之间的距离。热 Q_L 正比于沿着引线电极 50 从与引线电极 50 连接的外部负载流向超导线圈 60 的电流 I 的量值。

[0054] 因为存在上述诸如 Q_c 和 Q_L 的热渗透,所以由于热的进出,导致在区域、例如图 1 中的虚线圈出的区域 A 处,也就是说,在形成真空绝缘容器 20 的板构件和引线电极 50 的板构件中的一个处,产生热膨胀或收缩。热膨胀或收缩造成在连接引线电极 50 和真空绝缘容器 20 的构件处显现热应力。结果,在连接构件与真空绝缘容器 20 或引线电极 50 之间的连接部处可能显现分离或裂缝。

[0055] 为了抑制上述在图 1 中的区域 A 所示的部分(引线电极 50 与真空绝缘容器 20 连接的部分)中、在实施例 1 中显现分离和裂缝,如图 2 和图 3 中所示地执行连接的步骤。更具体来讲,如图 2 中所示,连接构件具有第一连接构件 63 和第二连接构件 65,这两者彼此连接。第一连接构件 63 连接到真空绝缘容器 20 的板构件并且沿着引线电极 50 延伸。第二连接构件 65 具有弯曲部并且其弯曲端 64 处通过结合材料 66 连接到引线电极 50。

[0056] 第一连接构件 63 在将插入真空绝缘容器 20 的开口中的部分处设置有凹凸部 34,该凹凸部 34 用作螺纹。因此,真空绝缘容器 20 的开口的壁也设置有用作螺纹的凹凸部,以配合上述凹凸部 34。第一连接构件 63 由真空圆柱形部和凸缘部组成,该中空圆柱形部设置有上述凹凸部 34 并且所述凸缘部形成在中空圆柱形部的端部。凸缘部被形式为使得其向着外面径向延伸,使其中心与中空圆柱形部的轴的中心重合。在凸缘部的外周处,中空圆柱形连接壁部被形成为与上述第二连接构件 65 连接。

[0057] 如图 2 和图 3 中所示,第二连接构件 65 具有环形形状,其具有由弯曲部(圆环面形状)形成的 U 型横截面。换言之,第二连接构件 65 具有环状形状,其内周部接触引线电极 50 的外周表面。第二连接构件 65 的外周部连接到连接壁部,该连接壁部位于上述第一连接构件 63 的凸缘部的外周。第二连接构件 65 的内周部通过结合材料 66 连接到引线电极 50 的外周表面。

[0058] 通过将第一连接构件 63 的凹凸部 34 旋入真空绝缘容器 20 的开口的壁上形成的凹凸部中,第一连接构件 63 连接并固定到真空绝缘容器 20。图 1 中的区域 B 中以及用于连接另一个引线电极 50 与真空绝缘容器 20 和 40 的部分中的连接构件与图 2 和图 3 所示的

结构相同。

[0059] 所希望的是,例如,第一连接构件 63 和第二连接构件 65 由 Fe-Ni 合金构成。另外,所希望的是,形成第一连接构件 63 的 Fe-Ni 合金和用于第二连接构件 65 的 Fe-Ni 合金具有相同的组分。当满足了这些条件时,可以抑制在第一连接构件 63 和第二连接构件 65 之间的连接部处产生热应力。可以通过使用已知粘合剂、硬钎填料金属或软钎填料金属等的任何方法,将第一连接构件 63 和第二连接构件 65 彼此连接。

[0060] 在图 2 和图 3 所示的超导装置中,在引线电极 50 和连接构件之间的间隙 67 中,具体来讲,在第一连接构件 63 和引线电极 50 直接的间隙(沿着图 2 中从左到右方向的距离)可以明显比第二连接构件 65 的外周部的内表面和引线电极 50 之间的间隙窄。因此,第一连接构件 63 中形成凹凸部 34 的部分的直径可以小于第二连接构件 65 的最大直径(也就是说,弯曲部的最大直径)。因此,真空绝缘容器 20 中形成的开口的直径可以小于第二连接构件 65 的最大直径。因此,引线电极 50 与真空绝缘容器 20 连接的部分处的密闭性可以进一步增强。结果,它们彼此可以可靠地连接。

[0061] 真空绝缘容器 20 和引线电极 50 之间的热膨胀(沿着图 2 中的从左到右方向)的差异被第二连接构件 65 吸收。如上所述,第二连接构件 65 具有弯曲部,使得在引线电极 50 和第二连接构件 65 之间存在间隙 67。间隙 67 比引线电极 50 和第一连接构件 63 之间的间隙宽。换言之,真空绝缘容器 20 的开口的直径可以小(第一连接构件 63 插入开口并且固定到真空绝缘容器 20),并且第二连接构件 65 中形成的弯曲部可以具有大的曲率。因此,通过弯曲部的变形,可以充分吸收真空绝缘容器 20 的板构件和引线电极 50 之间的热膨胀差异。

[0062] 当采用上述构造时,通过减小插入了第一连接构件 63 的开口的直径来增大容器内部空间 10 相对于外部的密闭性,并且通过第二连接构件 65 的弯曲部吸收真空绝缘容器 20 的板构件和引线电极 50 之间的热膨胀差异。因此,可以更可靠地抑制连接部处显现分离和裂缝。结果,可以更可靠地确保超导 60 的功能。

[0063] 另外,如同弯曲部一样,图 2 所示的凹凸部 34 可以自身发生弹性变形。更具体来讲,凹凸部 34 可以根据膨胀和收缩、在图 2 中的从上到下方向上自由变化其长度。因此,连接构件可以不仅在弯曲部的作用下、在图 2 中的从左到右方向上自身自由地变形,而且在凹凸部 34 的作用下、在图 2 中的从上到下方向上在一定程度上自身自由地变形。因此,凹凸部 34 可以更可靠地吸收引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的热应力。

[0064] 所希望的是,例如,形成引线电极 50 的金属构件由铜(Cu)构成。因为引线电极 50 是传输电信号的构件,所以期望采用铜作为导电性优良并且成本低的材料。但是,例如,可以通过使用铝或银替代铜来形成引线电极 50。

[0065] 所希望的是,形成连接构件的第一连接构件 63 和第二连接构件 65 的材料具有的热膨胀系数至多是形成真空绝缘容器 20 的 FRP 的两倍。更具体来讲,所希望的是,连接构件由 Fe-Ni 合金构成。

[0066] FRP 在 20℃下具有的热膨胀系数(线性膨胀系数)为 $6 \times 10^{-6} (/^{\circ}\text{C})$ 。因此,所希望的是,连接构件在 20℃下具有的热膨胀系数为 $12 \times 10^{-6} (/^{\circ}\text{C})$ 或更小。

[0067] Fe-Ni 合金在 20℃下的热膨胀系数(线性膨胀系数)取决于铁和镍的比例(合金中含有的百分比)。例如,当合金含有大约 36 质量%的镍和大约 64 质量%的铁时,合金在

20℃下具有的热膨胀系数为 $1 \times 10^{-6} (/^{\circ}\text{C})$, 即其最小值。当镍含量从上述含量开始增大或减小时, 热膨胀系数单调上升。更具体来讲, 当合金中的镍含量为大约 0 质量% 时, 合金在 20℃ 下具有的热膨胀系数为 $10 \times 10^{-6} (/^{\circ}\text{C})$ 。当合金中的镍含量为大约 70 质量% 时, 合金在 20℃ 下具有的热膨胀系数为 $12 \times 10^{-6} (/^{\circ}\text{C})$ 。因此, 当 Fe-Ni 合金如上所述用于连接构件时, 所希望的是, 合金中的镍含量为 70 质量% 或更小。当合金中的镍含量为大约 30 质量% 或大约 42 质量% 时, 合金在 20℃ 下具有的热膨胀系数为 $6 \times 10^{-6} (/^{\circ}\text{C})$, 这与 FRP 在 20℃ 下的热膨胀系数相同。因此, 当 Fe-Ni 合金用作连接构件的材料时, 尤其希望合金中的镍含量为大约 30 质量% 或大约 42 质量% 。换言之, 在 20℃ 下真空绝缘容器 20 和连接构件之间的热膨胀系数差异越小, 真空绝缘容器 20 和连接构件之间的热膨胀 (或收缩) 差异越小。结果, 引线电极 50 可以以更高的质量连接到真空绝缘容器 20。

[0068] 真空绝缘容器 40 内部处的真空绝缘浴 30 是处于真空状态的热绝缘浴, 以便抑制之前描述的热 Q_c 渗透到真空绝缘容器 20 (容器内部空间 10) 中。因此, 如同容器内部空间 10 一样, 需要真空绝缘浴 30 阻挡空气等从外部流入。为此, 所希望的是, 通过使用图 2 和图 3 中所示的连接构件, 引线电极 50 高度可靠地连接到真空绝缘容器 40。所希望的是, 在图 1 中的虚线圈出的区域 B 中, 通过使用与图 1 中的虚线圈出的区域 A 中的方法相同的方法, 引线电极 50 连接到真空绝缘容器 40。换言之, 通过用真空绝缘容器 40 取代图 2 所示的真空绝缘容器 20 的方法来执行上述连接的步骤。

[0069] 接着, 参照图 4, 对图 1 中的区域 C 中的真空绝缘容器 20 和管道 70 之间的连接部的结构给予说明。如图 4 中所示, 管道 70 和真空绝缘容器 20 之间的连接部的结构与图 2 和图 3 所示的引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的连接部的结构基本上相同。更具体来讲, 在图 4 所示的连接部中, 循环冷却介质的管道 70 代替图 2 中的引线电极 50 穿过开口并且与第二连接构件 65 连接。如同图 2 和图 3 所示的连接部一样, 上述构造可以抑制在管道 70 和真空绝缘容器 20 之间的连接部处显现分离和裂缝。图 1 中的区域 D 中和用于连接另一个管道 70 与真空绝缘容器 20 和 40 的部分中的结构与图 4 所示的连接部的结构基本上相同。

[0070] 实施例 2

[0071] 以下说明本发明的实施例 2 的超导装置。所述装置包括用于超导装置的容器。参照图 5, 对超导装置的容器中的连接部的结构给予说明, 所述连接部形成在引线电极和真空绝缘容器之间。图 5 对应于图 2。

[0072] 本发明的实施例 2 中的超导装置具有的结构与图 1 至图 4 所示的超导装置的结构基本上相同。然而, 引线电极 50 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的连接部的结构不同于图 2 和图 3 所示的结构。换言之, 如图 5 中所示, 用于将引线电极 50 连接到真空绝缘容器 20 的板构件的连接构件 12 具有可弹性变形结构 (弹簧的形状), 其可以吸收由 FRP 制成的真空绝缘容器 20 和引线电极 50 之间的热膨胀系数差异。更具体来讲, 如图 5 中所示, 连接构件 12 具有环形, 其具有通过弯曲部形成的 J 形横截面 (所述环形环绕引线电极 50 的外周表面)。作为弯曲部端部 14 的弯曲部的端部通过结合材料 16 连接到引线电极 50。当从下面观察时, 连接构件 12 具有沿着引线电极 50 外周表面的环状形状。

[0073] 当采用上述构造时, 如同图 1 至图 4 所示的超导装置中的第二连接构件 65 (参见图 2) 一样, 连接构件 12 的弯曲部吸收真空绝缘容器 20 (FRP) 和引线电极 50 之间的热膨胀

差异。更具体来讲,在弯曲部端部 14 处的结合材料 16 中,由于引线电极 50 和连接构件 12 之间的材料差异造成的热膨胀差异,导致产生热应力。热应力往往沿着连接构件 12 向着真空绝缘容器 20 传播。然而,连接构件 12 的弯曲部阻挡热应力的传播(换言之,弯曲部的变形吸收热应力)。为此,到达真空绝缘容器 20 的热应力的百分比降低。也就是说,因为连接构件 12 具有弯曲部,所以真空绝缘容器 20 与连接构件 12 和引线电极 50 或这两者之间的热膨胀差异被吸收。因此,可以降低在引线电极 50 和连接构件之间的以及在真空绝缘容器 20 和连接构件之间的连接部处显现分离和裂缝的可能性。结果,这种结构可以降低超导线圈 60 的电特性劣化的可能性,所述电特性劣化是由于例如空气通过裂缝等流入容器内部空间 10 而导致的。

[0074] 另外,如图 5 中所示,因此真空绝缘容器 20 的开口的宽度(直径)被设计成大于引线电极 50 的宽度(直径),所以在引线电极 50 和真空绝缘容器 20 中存在间隙 17。间隙 17 用作连接构件 12 的弯曲部从其延伸的区域。因此,连接构件 12 的弯曲部具有足够的曲率,使得弯曲部的弹性变形可以容易地吸收真空绝缘容器 20 和引线电极 50 之间的热膨胀差异。

[0075] 所希望的是,采用已知熔接方法或使用硬焊或软焊(通过使用硬钎填料金属或软钎填料金属来执行)作为通过结合材料 16 将连接构件 12 连接到引线电极 50 的方法。在图 5 中,可以通过使用已知粘合剂、硬钎填料金属或软钎填料金属等的任何方法,连接构件 12 可以连接到真空绝缘容器 20。

[0076] 如上所述,连接构件 12 具有弯曲部并且由具有的热膨胀系数与 FRP 的热膨胀系数仅仅稍有不同的材料制成,其吸收引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的热膨胀差异。为此,如同图 1 至图 3 所示的第一连接构件 63 和第二连接构件 65 一样,连接构件 12 可以牢固并高度可靠地将引线电极 50 连接到真空绝缘容器 20。换言之,连接构件 12 可以抑制从外部至容器内部空间 10 的泄漏,并且由此增强容器内部空间 10 中的超导线圈 60 的功能。

[0077] 为了使容器内部空间 10 中的超导线圈 60 以高性能作用,所希望的是,连接构件 12 用于图 1 的区域 A 中,区域 A 是真空绝缘容器 20 和引线电极 50 之间的连接部。另外,如同图 1 中的虚线圈出的区域 A 一样,在虚线圈出的区域 B 中,可以通过使用连接构件 12 来执行连接。此外,如同图 1 至图 4 所示的超导装置一样,图 5 所示的连接构件 12 可以应用于图 1 中的区域 C 等(也就是说,其中管道 70 连接到真空绝缘容器 20 和 40 的部分)。

[0078] 本发明的实施例 2 与本发明的实施例 1 的不同之处仅在于上述方面。换言之,对本发明的实施例 2 的描述中所省略的结构、条件、工序、效果等都依照本发明的实施例 1 的结构、条件、工序、效果等。

[0079] 实施例 3

[0080] 以下说明本发明的实施例 3 的超导装置。所述装置包括用于超导装置的容器。参照图 6,对超导装置的容器中的连接部的结构给予说明,所述连接部形成在引线电极和真空绝缘容器之间。图 6 对应于图 2。

[0081] 本发明的实施例 3 中的超导装置具有的结构与图 1 至图 4 所示的超导装置的结构基本上相同。然而,其中引线电极 50 与真空绝缘容器 20 和 40 连接的部分的结构不同于图 2 和图 3 所示的结构。换言之,如图 6 中所示,如同图 5 所示的连接构件 12 一样,虽然当从下面观察时用于将引线电极 50 连接到真空绝缘容器 20 的连接构件 22 具有环状和具有 U

形横截面的弯曲部,但是连接构件 22 还具有从弯曲部的外周端部延伸到外侧的凸缘部 28。在板构件延伸的区域(沿着图 6 中的从左到右方向的区域)处,固定构件 21 将连接构件 22 固定到真空绝缘容器 20 的板构件。通过使用固定构件 21 将连接构件 22 的外周部处形成的凸缘部 28 从图 6 中的下向上地压向真空绝缘容器 20 的板构件,连接构件 22 的凸缘部 28 被固定到真空绝缘容器 20。当从下面观察时,固定构件 12 可以具有例如环状形状。可以使用已知方法将固定构件 12 固定到真空绝缘容器 20。例如,可以使用诸如螺栓或粘合剂的紧固构件,将固定构件 21 固定到真空绝缘容器 20。另一方面,如同实施例 1(参见图 2)一样,使用弯曲部端部 24 处的结合材料,将连接构件 22 连接到引线电极 50。

[0082] 在连接构件 22 所处的区域中,开口被形成为穿过真空绝缘容器 20 的板构件,以允许引线电极 50 穿过。开口具有的宽度(直径)大于引线电极 50 的宽度。因此,在引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间存在间隙 27。然而,如图 6 中所示,引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的区域具有的宽度(真空绝缘容器 20 中形成的开口的壁和引线电极 50 的表面之间的距离)比连接构件 22 的弯曲部的宽度(在图 6 中的从左到右方向上)窄。更具体来讲,引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的间隙 27 具有的宽度为连接构件 22 的弯曲部的宽度的大约一半。

[0083] 如上所述,图 6 所示的构造使得真空绝缘容器 20 中形成的开口的直径变得小于图 5 所示的相应开口的直径。换言之,当从下面观察时,连接构件 22(一半位于图 6 的外周侧)的弯曲部的大约一半的宽度(在图 6 中的从左到右方向上)与开口周围的区域重叠。通过采用上述连接方法,在图 6 所示的结构中,真空绝缘容器 20 中形成的开口(引线电极 50 穿过开口)的宽度(直径)可以被确定为小而不顾连接构件 22 的尺寸。上述减小开口的宽度,可以进一步增加引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的连接部的密闭性。图 6 所示的连接构件 22 可以施用于图 1 中的区域 C 和 D,区域 C 和 D 分别是管道 70 和真空绝缘容器 20 之间的连接部以及管道 70 和真空绝缘容器 40 之间的连接部。

[0084] 本发明的实施例 3 与本发明的实施例 2 的不同之处仅在于上述方面。换言之,对本发明的实施例 3 的描述中所省略的结构、条件、工序、效果等都依照本发明的实施例 2。

[0085] 实施例 4

[0086] 以下说明本发明的实施例 4 中的超导装置。所述装置包括用于超导装置的容器。参照图 7,对用于超导装置的容器中的连接部的结构给予说明,所述连接部形成在引线电极和真空绝缘容器之间。图 7 对应于图 2。

[0087] 本发明的实施例 4 中的超导装置具有的结构与包括图 5 所示连接构件的超导装置的结构基本上相同。然而,其中引线电极 50 与真空绝缘容器 20 和 40 连接的部分的结构不同于图 5 所示的结构。换言之,如图 7 中所示,在连接构件 32 与真空绝缘容器 20 连接的部分处,连接构件 32 和真空绝缘容器 20 的板构件均设置有凹凸部 34。

[0088] 例如,在图 5 中,连接构件 12 与真空绝缘容器 20 连接的部分具有线性横截面。另一方面,图 7 所示的连接构件与图 5 所示实施例的不同之处仅在于连接构件所连接的部分具有的横截面由凹凸部 34 形成,而不是线性横截面。更具体来讲,通过将作为连接构件 32 的螺纹的凹凸部 34 旋入到真空绝缘容器 20 的开口的壁上形成的相应凹凸部,连接构件 32 连接到真空绝缘容器 20。图 7 所示的连接部的结构在开口处的其他特征方面与上述本发明的实施例 2 的结构相同。也就是说,连接构件 32 的弯曲部通过结合材料 36 连接到引线电

极 50。连接构件 32 被放置成使得其桥接真空绝缘容器 20 的板构件和引线电极 50 之间的间隙 37。

[0089] 如上所述,凹凸部 34 用作将连接构件 32 连接并固定到真空绝缘容器 20 的螺纹部。如同连接构件 32 的弯曲部一样,凹凸部 34 用作弹簧结构,其能够自身弹性变形,用于吸收板材料和引线电极 50 之间的热膨胀差异。更具体来讲,例如,可以抑制引线电极 50 和连接构件 32 之间的结合材料 36 中产生的热应力不仅通过连接构件 32 的弯曲部而且通过凹凸部 34 向着真空绝缘容器 20 传播。因此除了弯曲部之外,连接构件 32 还具有凹凸部 34,因此其可以进一步吸收真空绝缘容器 20 与连接构件 32 或引线电极 50 或这两者之间的热膨胀差异。因此,可以进一步降低在引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的相应部分处显现分离、裂缝等的可能性。结果,这种结构可以进一步降低超导线圈 60 的电特性劣化的可能性,所述超导线圈 60 的电特性劣化是由于例如空气流入到容器内部空间 10 中而导致的。

[0090] 如同图 2 所示的凹凸部 34 一样,图 7 所示的凹凸部 34 可以如同弯曲部一样自身弹性变形。更具体来讲,图 7 所示的凹凸部 34 可以根据膨胀和收缩、在图 7 中的从上到下方向上自由变化其长度。因此,连接构件 32 可以不仅在弯曲部的作用下在图 7 中的从左到右方向上自身自由地变形,而且在凹凸部 34 的作用下在图 7 中的从上到下方向上在一定程度上自身自由地变形。因此,凹凸部 34 可以更可靠地吸收引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的热应力。

[0091] 如同实施例 1 的图 2 中的引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的连接一样,可以通过使用已知粘合剂、硬钎填料金属或软钎填料金属等的任何方法来执行凹凸部 34 处的引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的连接。如同图 1 至图 4 所示的超导装置一样,图 7 所示的连接构件 32 可以应用于图 1 中的区域 C 等(也就是说,管道 70 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的连接部)。

[0092] 本发明的实施例 4 与本发明的实施例 2 的不同之处仅在于上述方面。换言之,对本发明的实施例 4 的描述中所省略的结构、条件、工序、效果等都依照本发明的实施例 2 的结构、条件、工序、效果等。

[0093] 实施例 5

[0094] 以下说明本发明的实施例 5 中的超导装置。所述装置包括用于超导装置的容器。参照图 8,对超导装置的容器中的连接部的结构给予说明,所述连接部形成在引线电极 50 和真空绝缘容器之间。图 8 对应于图 2。

[0095] 本发明的实施例 5 中的超导装置具有的结构与图 1 至图 4 所示的超导装置的结构基本上相同。然而,引线电极 50 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的连接部的结构不同于图 2 和图 3 所示的结构。更具体来讲,如图 8 中所示,连接构件 42 具有两个弯曲部:一个在图 8 中的上侧而另一个在下侧。也就是说,连接构件 42 具有由环绕间隙 47 的环形成的横截面。当从图 8 中的下面观察时,连接构件 42 具有沿着引线电极 50 的外周表面的环状形状。

[0096] 例如,如图 5 中所示,实施例 2 中的连接构件 12 仅在下侧处具有一个弯曲部。连接构件 12 在弯曲部端部 14 处通过结合材料 16 连接到引线电极 50,弯曲部端部 14 是弯曲部的端部。如同这种连接方法一样,图 8 中的连接构件 42 连接区域 44 处通过结合材料 46 连接到引线电极 50,连接区域 44 对应于图 5 中的弯曲部端部 14。可替代地,连接构件 42 可以在上弯曲部的连接区域 48 处通过结合材料 46 被连接到引线电极 50,连接区域 48 位于

上弯曲部的端部。另外可替代地,连接构件 42 可以通过结合材料 46 在上侧和下侧处连接到引线电极 50。

[0097] 因为如图 8 中所示的连接构件 42 具有两个弯曲部,一个在上侧处而另一个在下侧处,所以它可以更可靠地吸收由引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的热膨胀系数差异造成的热应力。

[0098] 另外,在图 8 中,可以通过使用已知粘合剂、硬钎填料金属或软钎填料金属等的任何方法,将连接构件 42 连接到真空绝缘容器 20。另外,如同图 7 所示的实施例 4 一样,在图 8 中,另外,可以在连接构件 42 与真空绝缘容器 20 连接的部分处形成凹凸部。当采用这种设计时,如之前所描述的,凹凸部可以更可靠地吸收引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的热膨胀差异。此外,如同图 1 至图 4 所示的超导装置一样,图 8 中所示的连接构件 42 可以应用于图 1 中的区域 C 等(也就是说,管道 70 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的连接部)。

[0099] 本发明的实施例 5 与本发明的实施例 1 的不同之处仅在于上述方面。换言之,对本发明的实施例 5 的描述中所省略的结构、条件、工序、效果等都依照本发明的实施例 1 的结构、条件、工序、效果等。

[0100] 实施例 6

[0101] 以下说明本发明的实施例 6 中的超导装置。所述装置包括用于超导装置的容器。参照图 9,对用于超导装置的容器中的连接部的结构给予说明,所述连接部形成在引线电极 50 和真空绝缘容器之间。图 9 对应于图 2。

[0102] 本发明的实施例 6 中的超导装置具有的结构与图 1 至图 4 所示的超导装置的结构基本上相同。然而,引线电极 50 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的连接部的结构不同于图 2 和图 3 所示的结构。换言之,如图 9 中所示,用于将引线电极 50 连接到真空绝缘容器 20 的连接构件 52 在图 9 中的从左到右方向上延伸并且具有凹凸形成部,该凹凸形成部包括在图 9 中的从上到下方向上形成凹凸的部分。当从图 9 中的下面观察时,连接构件 52 具有沿着引线电极 50 的外周表面的环状形状。如图 9 中所示,因为连接构件 52 包括形成弹簧形状的凹凸形成部,所以连接构件 52 可以在图 9 中的从左到右方向上自由变化其宽度(其可以扩张和收缩)。如上所述,因为连接构件 52 具有弹簧的形状,所以如同上述实施例的连接构件一样,它可以吸收真空绝缘容器 20 的板构件和引线电极 50 之间的热膨胀差异。

[0103] 连接构件 52 在图 9 中所示的下侧处通过结合材料 56 连接到引线电极 50。可替代地,连接构件 52 可以在图 9 中上侧处的上连接区域 58 处被连接到引线电极 50。更希望的是,引线电极 50 和真空绝缘容器 20 的板构件之间的间隙(连接构件 52 所处的开口的宽度)在抑制引线电极 50 和真空绝缘容器 20 之间的部分显现泄漏方面被降低至最小可能值。

[0104] 另外,在图 9 中,可以通过使用已知粘合剂、硬钎填料金属或软钎填料金属等的任何方法,将连接构件 52 连接到真空绝缘容器 20。另外,如同图 1 至图 4 所示的超导装置一样,图 9 所示的连接构件 52 可以应用于图 1 中的区域 C 等(也就是说,管道 70 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的连接部)。

[0105] 本发明的实施例 6 与本发明的实施例 1 的不同之处仅在于上述方面。换言之,对本发明的实施例 6 的描述中所省略的结构、条件、工序、效果等都依照本发明的实施例 1 的结构、条件、工序、效果等。

[0106] 实施例 7

[0107] 以下说明本发明的实施例 7 中的超导装置。所述装置包括用于超导装置的容器。参照图 10 至图 12, 对用于超导装置的容器中的连接部的结构给予说明, 所述连接部形成在引线电极 50 和真空绝缘容器之间。图 10 对应于图 2。

[0108] 本发明的实施例 7 中的超导装置的结构与图 1 至图 4 所示的超导装置的结构基本上相同。然而, 引线电极 50 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的连接部的结构不同于图 2 和图 3 所示的结构。换言之, 如图 10 中所示, 开口被形成为使得其穿过由 FRP 制成的真空绝缘容器 20。开口由较大直径部和较小直径部组成, 所述较大直径部位于真空绝缘容器 20 的外表面侧处并且具有相对大的宽度, 所述较小直径部位于真空绝缘容器 20 的内表面侧处并且具有比较大直径部的宽度小的宽度。实际上, 较小直径部具有的宽度 (直径) 与引线电极 50 的宽度相同。将由 FRP 制成的壳体侧固定部 73 插入并固定到较大直径部。可以通过使用诸如粘合剂的任何结合构件, 将壳体侧固定部 73 结合到较大直径部的壁。

[0109] 壳体侧固定部 73 从开口的较大直径部的内部延伸到真空绝缘容器 20 的外表面之上的位置, 并且具有从开口向着上述位置处的外侧延伸的树脂质凸缘部。贯通孔 74 形成在壳体侧固定部 73 的中央部处, 使得其直接与开口的较小直径部成一行。具有螺纹结构的凹凸部 34 形成在壳体侧固定部 73 中的贯通孔 74 的壁上。引线电极 50 的侧面设置有用于配合凹凸部 34 的螺纹结构部 78。通过将引线电极 50 的螺纹结构部 78 旋入到壳体侧固定部 73 的贯通孔 74 中的凹凸部 34, 引线电极 50 连接到壳体侧固定部 73。因为形成上述螺纹结构部 78, 所以引线电极 50 的总体积增大。因此, 引线电极 50 的总热容量会增大。另外, 因为与没有形成螺纹结构部 78 和凹凸部 34 的情况相比, 引线电极 50 和壳体侧固定部 73 之间的接触表面积增大, 所以可以更平滑地执行引线电极 50 和壳体侧固定部 73 之间的热传导。

[0110] 此外, 金属构件侧固定部 75 固定于引线电极 50。金属构件侧固定部 75 具有金属凸缘部, 该凸缘部被放置在与上述壳体侧固定部 73 的树脂质凸缘部相对的位置中。金属构件侧固定部 75 当从上面观察时具有圆形形状, 并且在中央部处设置有孔, 引线电极 50 将被插入该孔。在引线电极 50 插入孔的条件下, 引线电极 50 的侧面通过诸如硬钎填料金属或软钎填料金属的结合材料 66 连接并且密封地固定到金属构件侧固定部 75 (更具体来讲, 固定到上述与金属构件侧固定部 75 的孔相邻的孔或表面部分的壁)。例如, 可以使用含有银 (Ag)、铜 (Cu)、锌 (Zn) 和另一元素的银硬钎填料金属作为结合材料 66 的材料。

[0111] 在金属构件侧固定部 75 中, 与孔相邻的区域形成弯曲部, 该弯曲部的横截面如图 10 所示地弯曲。换言之, 与孔相邻的区域形成可弹性变形部。形成上述弯曲部 (或可弹性变形部) 使得能够吸收真空绝缘容器 20 和引线电极 50 之间的热膨胀 (或收缩) 量差异。另外, 因为弯曲部 (或可弹性变形部) 在倾斜方向上与引线电极 50 的侧面接触, 金属构件侧固定部 75 可以更容易地通过结合材料 66 连接到引线电极 50。

[0112] 金属构件侧固定部 75 所连接的引线电极 50 插入并固定到壳体侧固定部 73 的贯通孔 74, 壳体侧固定部 73 固定于真空绝缘容器 20。此时, 金属构件侧固定部 75 的金属凸缘部被放置成使得其面对壳体侧固定部 73 的树脂质凸缘部。金属凸缘部通过结合构件 76 与树脂质凸缘部连接和固定。可以使用基于环氧树脂的粘合剂等作为结合构件 76。可以采用如下方法作为使用结合材料 76 将金属凸缘部与树脂质凸缘部结合的方法: 例如, 将结

合构件 76 放置（例如，涂布）到树脂质凸缘部的表面 72 上，随后金属构件侧固定部 75 所连接的引线电极 50 被插入贯通孔 74，使得金属凸缘部精确放置在结合构件 76 上。可替代地，在含有液态中的结合构件 76 的容器中，在将金属凸缘部和树脂质凸缘部浸没在结合构件 76 中的条件下，金属凸缘部可以与树脂质凸缘部结合。

[0113] 如图 11 中所示，在壳体侧固定部 73 的树脂质凸缘部的表面 72 上，表面 72 与结合构件 76 结合，弧形的凹凸部 79 形成同心圆的弧形形状，并且贯通孔 74 位于中心（例如，形成为同心圆上的片断）处。如图 12 中所示，在金属构件侧固定部 75 的金属凸缘部的表面 82 上，表面 82 与结合构件 76 结合，弧形的凹凸部 79 也形成同心圆的弧形形状，并且引线电极 50 位于中心处（例如，形成为同心圆上的片断）。形成上述弧形的凹凸部 79，可以增大表面 72 和 82 的表面积。当采用这种设计时，因为金属凸缘部和结合构件 76 之间以及树脂质凸缘部和结合构件 76 之间的结合界面的面积可以增大，所以通过结合构件 76 结合的金属凸缘部和树脂质凸缘部之间的结合强度可以增大。具体来讲，在结合构件 76 是由树脂制成的粘合剂的情况下，金属凸缘部和粘合构件 76 之间的结合强度可以低于树脂质凸缘部和结合构件 76 之间的结合强度。为此，所希望的是，上述弧形的凹凸部 79 至少形成在金属凸缘部的表面 82 上。另外，所希望的是，每个弧形的凹凸部 79 被形成为使得其沿着原始圆形的圆周延伸，并且贯通孔 74 或引线电极 50 位于中心。这种构造可以有效地增加从贯通孔 74 或引线电极 50 至金属凸缘部或树脂质凸缘部的外周的泄漏路径的长度（该泄漏路径的长度是树脂质凸缘部的表面 72 或金属凸缘部的表面 82 与结合构件 76 之间的结合界面的径向方向上的爬电距离）。虽然弧形的凹凸部 79 可以形成为完整的同心圆，但是如图 11 和 12 所示，当从下面或上面观察时，它们还可以形成为同心圆的片段。不希望形成每个凹凸部 79，使得其从金属凸缘部（或树脂质凸缘部）的内侧向着外侧径向延伸。换言之，所希望的是，每个凹凸部 79 被形成为使得其只沿着初始圆形的圆周延伸，并且贯通孔 74 或引线电极 50 位于中心。

[0114] 所希望的是，通过使用诸如 FPR 的与形成真空绝缘容器 20 相同的材料来形成壳体侧固定部 73。所希望的是，通过使用热膨胀系数接近形成壳体侧固定部 73 的材料的热膨胀系数的材料，形成金属构件侧固定部 75。例如，所希望的是，选择金属构件侧固定部 75 的材料，使得金属构件侧固定部 75 的材料与形成壳体侧固定部 73 的材料之间的热膨胀系数差异落入在形成壳体侧固定部 73 的材料的热膨胀系数的 $\pm 10\%$ 或更小的范围内，更希望的是 $\pm 5\%$ 或更小。更具体来讲，当使用 FRP 作为壳体侧固定部 73 的材料时，可以使用 Kovar 作为金属构件侧固定部 75 的材料。当具体在有可能显现裂缝等的金属凸缘部和树脂质凸缘部之间的结合界面（由结合构件 76 形成的结合部）处采用这种设计时，金属凸缘部和树脂质凸缘部之间的热膨胀系数差异可以充分减小。因此，这种设计可以降低结合界面处显现裂缝的可能性。

[0115] 金属凸缘部可以具有 0.01mm 或更大且 5mm 或更小的厚度，更希望的是 0.1mm 或更大且 1mm 或更小的厚度。指定上述数值范围的原因在于，相对容易得到的板材料或膜材料具有的厚度在上述范围内。树脂质凸缘部的厚度可以具有 0.01mm 或更大且 5mm 或更小，更希望的是 0.2mm 或更大且 2mm 或更小。指定上述数值范围的原因在于，相对容易得到的板材料或膜材料具有的厚度在上述范围内。

[0116] 金属构件侧固定部 75 的金属凸缘部的外径（或壳体侧固定部 73 的树脂质凸缘部

的外径)可以连同上述凸缘厚度一起被设计,使得凸缘结合部中的热应力没有超出结合强度。可以在考虑引线电极的直径、容许空间、冷却介质温度等来进行这种设计。

[0117] 当金属凸缘部通过如图 10 所示的结合构件 76 与树脂质凸缘部结合时,结合表面变成密封部中的将真空绝缘容器 20 内部与外部隔离开的部分。通过采用上述的其中金属凸缘部通过结合构件 76 与树脂质凸缘部结合的结构,当在金属凸缘部和树脂质凸缘部之间的结合部处产生真空绝缘容器内部和外部之间的温度差造成的热应力时,可以通过金属凸缘部和树脂质凸缘部的一定程度的弹性变形(例如,通过像双金属一样的动作)吸收热应力。

[0118] 所希望的是,加工金属凸缘部和树脂质凸缘部的外周部的端面,以形成锥形,如图 10 中所示(更具体来讲,在金属凸缘部和树脂质凸缘部的端部,形成向着表面 72 或 82 倾斜的端面,使得随着所处位置接近外周边缘,厚度减小)。以上加工可以抑制出现问题,例如由上述热应力导致上述端部出现破裂。

[0119] 在图 10 至图 12 所示的真空绝缘容器 20 和引线电极 50 之间的连接部的结构中,负责真空密封的密封部(金属凸缘部和树脂质凸缘部之间的结合部)独立于其中真空绝缘容器 20 机械地支撑引线电极 50 的支撑部(其中引线电极 50 的螺纹结构部 78 配合壳体侧固定部 73 的贯通孔 74 中的凹凸部 34 从而相互固定的部分)。因此,在支撑部经受会移动引线电极 50 与真空绝缘容器 20 的相对位置的应力时,即使在支撑部处显现裂缝等,也可以保持密封部处的密闭性(真空密封)。

[0120] 所希望的是,从真空绝缘容器 20 的外表面到树脂质凸缘部的距离 T(参见图 10)被预设为即使密封部被突然冷却也可以避免发生直接接触的距离。

[0121] 以下列举本发明的具体结构,尽管下面的描述部分地重复了以上对实施例的描述。

[0122] 根据本发明,一种用于超导装置的容器,所述容器在其中安装作为包括超导体的构件的超导线圈 60,并且所述容器设置有:

[0123] (a) 真空绝缘容器 20 和 40,其均是由树脂制成的壳体并且设置有开口;

[0124] (b) 引线电极 50 和管道 70,其均是被设置成使得其穿过所述开口的金属构件;以及

[0125] (c) 连接构件,其均覆盖所述开口,将引线电极 50 或管道 70 连接到真空绝缘容器 20 或 40 并且设置有热应力缓和部(连接构件中的每个是连接构件 12、22、32、42 或 52、或者由连接构件 63 和 65 组成的连接构件或由金属构件侧固定部 75 和壳体侧固定部 73 组成的连接构件)。

[0126] 例如,通过使用 FRP 形成上述由树脂制成的真空绝缘容器 20 和 40。连接构件可以具有作为热应力缓和部的弯曲部。

[0127] 将下面的情况当作实例。在用于超导装置的容器中,上述引线电极 50 或管道 70 通过连接构件被固定到由树脂制成的真空绝缘容器 20 或 40。在这个容器中,例如,为了冷却超导线圈 60,将真空绝缘容器 20 内部的温度降低至液氮温度。此时,因为形成真空绝缘容器 20 的材料与形成引线电极 50 或管道 70 的材料之间存在热膨胀系数差异,所以在真空绝缘容器 20 和引线电极 50 或管道 70 之间,由温度变化造成的变形量(热收缩量)是不同的。在这种情况下,当引线电极 50 或管道 70 只是通过粘合剂等连接并固定到真空绝缘容

器 20 时,在真空绝缘容器 20 和粘合剂之间以及粘合剂和引线电极 50 或管道 70 之间的连接部处会显现分离或裂缝。另一方面,在用于将引线电极 50 或管道 70 连接到真空绝缘容器 20 的连接构件具有热应力缓和部(例如,弯曲部)的情况下,即使由于用于超导装置的容器的温度升高(或降低)导致出现膨胀(或收缩)时,引线电极 50 或管道 70 与真空绝缘容器 20 之间的热膨胀(或收缩)量差异也被热应力缓和部的变形吸收(在以上描述中,术语“连接构件”是指连接构件 12、22、32、42 或 52、或者由连接构件 63 和 65 组成的连接构件或由金属构件侧固定部 75 和壳体侧固定部 73 组成的连接构件),所述热应力缓和部是吸收引线电极 50 或管道 70 与真空绝缘容器 20 之间的热收缩量差异的结构。上述构造可以抑制在引线电极 50 或管道 70 与真空绝缘容器 20 连接的连接部处的热应力造成出现诸如分离和裂缝的问题,并且由此使得引线电极 50 或管道 70 能够与真空绝缘容器 20 可靠地连接。

[0128] 在用于超导装置的上述容器中,由图 2 和图 3 所示的第一连接构件 63 和第二连接构件 65 组成的连接构件可以具有第一连接构件 63 作为与开口壁接触的壳体侧固定部并且具有第二连接构件 65 作为金属构件侧固定部,金属构件侧固定部具有的宽度大于开口的宽度并且设置有弯曲部。在第二连接构件 65 中,第二连接构件 65 的一端(外部外周侧端部)可以连接到第一连接构件 63 并且另一端(内部外周侧端部)可以连接到引线电极 50 或管道 70,所述另一端通过以弯曲部为中介被设置在相对侧处。

[0129] 在以上设计中,第一连接构件 63 的宽度(也就是说,开口的宽度)可以小于第二连接构件 65 的宽度。换言之,真空绝缘容器 20 和 40 中形成的开口的宽度(直径)可以被设置得小而不考虑弯曲部的结构(第二连接构件 65 的结构)。因此,与开口具有大直径的情况相比,可以更加抑制热通过开口的进和出。

[0130] 在用于超导装置的上述容器中,所希望的是,连接构件 12、22、32、42、52、63 和 65 和图 10 所示的金属构件侧固定部 75 具有的热膨胀系数至多是形成真空绝缘容器 20 和 40 的树脂的热膨胀系数的两倍。换言之,当连接构件 12、22、32、42、52、63 和 65 和图 10 所示的金属构件侧固定部 75 的热膨胀系数与形成真空绝缘容器 20 和 40 的树脂的膨胀系数具有小差异时,可以抑制由热膨胀系数差异噪声的热应力集中在连接构件 12、22、32、42 和 52 以及由连接构件 63 和 65 组成的连接构件以及由金属构件侧固定部 75 和壳体侧固定部 73 组成的连接构件均与真空绝缘容器 20 和 40 连接的连接部。结果,连接部在热应力作用下破裂的可能性会降低。因此,引线电极 50 或管道 70 可以更可靠地连接到真空绝缘容器 20 和 40。

[0131] 在用于超导装置的上述容器中,所希望的是,连接构件 12、22、32、42、52、63 和 65 和图 10 所示的金属构件侧固定部 75 由 Fe-Ni 构成。另外,所希望的是,形成真空绝缘容器 20 和 40 的树脂是 FRP。作为铁(Fe)和镍(Ni)的合金的 Fe-Ni 合金具有的热膨胀系数与树脂(具体来讲,FRP)的热膨胀系数的差异小。因此,所希望的是,使用 Fe-Ni 合金作为用于形成连接构件 12、22、32、42、52、63 和 65 以及图 10 所示的金属构件侧固定部 75 的材料。

[0132] 在用于超导装置的上述容器中,如图 10 中所示,所述连接构件可以包括:

[0133] (a) 壳体侧固定部 73,其由树脂制成并接触所述开口的壁;以及

[0134] (b) 金属构件侧固定部 75,其由树脂制成并且连接到作为金属构件的引线电极 50 或管道 70。

[0135] 壳体侧固定部 73 可以具有从作为壳体的真空绝缘容器 20 和 40 的外表面上方的位置处的开口向着外侧延伸的树脂质凸缘部。金属构件侧固定部 75 可以具有被设置在与树脂质凸缘部相对的位置中的金属凸缘部。金属凸缘部可以通过结合构件 76 来结合树脂质凸缘部。热应力缓和部可以包括金属凸缘部和树脂质凸缘部之间的结合部。另外,可以将弯曲部设置在金属构件侧固定部 75 与引线电极 50 或管道 70 连接的连接部(图 10 中与引线电极 50 连接的内部外周侧端部)和金属凸缘部之间。

[0136] 在以上的情况中,因为金属凸缘部通过结合构件 76 与树脂质凸缘部连接并固定的部分变成真空密封部,所以可以形成其中两个凸缘部彼此面对的具有大面积的真空密封部。另外,金属凸缘部和树脂质凸缘部具有的厚度可以使得凸缘部能够自身弹性变形以便减轻热应力。因此,凸缘部的弹性变形可以减轻热应力。

[0137] 一种本发明的用于超导装置的容器,所述容器在其中安装作为包括超导体的构件的超导线圈 60,并且所述容器设置有:

[0138] (a) 真空绝缘容器 20 和 40,其均是由树脂制成的壳体并设置有开口;

[0139] (b) 引线电极 50 或管道 70,其均是金属构件,其被设置成使得其穿过述开口;以及

[0140] (c) 连接构件,其均覆盖所述开口,将引线电极 50 或管道 70 连接到真空绝缘容器 20 或 40,并且包括由金属制成的可弹性变形部(弯曲部)(连接构件中的每个是连接构件 12、22、32、42 或 52、或者由连接构件 63 和 65 组成的连接构件或由金属构件侧固定部 75 和壳体侧固定部 73 组成的连接构件)。

[0141] 将下面的情况当作实例。在用于超导装置的上述容器中,例如,为了冷却超导线圈,将真空绝缘容器 20 内部处的温度降低至液氮温度。此时,因为形成真空绝缘容器 20 和 40 的材料与形成引线电极 50 或管道 70 的材料之间的热膨胀系数差异,所以由真空绝缘容器 20 和 40 的温度变化造成的变形量(热收缩量)与引线电极 50 或管道 70 是不同的。在这种情况下,当引线电极 50 或管道 70 只是通过粘合剂等连接并固定到真空绝缘容器 20 和 40 时,在粘合剂和真空绝缘容器 20 和 40 之间以及粘合剂和引线电极 50 或管道 70 之间的连接部处会显现分离或裂缝。另一方面,在本发明的用于超导装置的容器中,用于将引线电极 50 或管道 70 连接到真空绝缘容器 20 和 40 的连接构件具有由金属制成的可弹性变形部,所述可弹性变形部是吸收引线电极 50 或管道 70 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的热收缩量差异的结构。因此,即使由于用于超导装置的容器的温度升高(或降低)导致出现膨胀(或收缩),引线电极 50 或管道 70 与真空绝缘容器 20 和 40 之间的热膨胀(或收缩)量差异也被可弹性变形部的弹性变形吸收。上述构造可以抑制在引线电极 50 或管道 70 与真空绝缘容器 20 和 40 的连接部处的热应力造成出现诸如分离和裂缝的问题,并由此使得引线电极 50 或管道 70 能够与真空绝缘容器 20 和 40 可靠地连接。

[0142] 在用于超导装置的上述容器中,第一连接构件 63 和第二连接构件 65 可以具有第一连接构件 63 作为与开口壁接触的壳体侧固定部并且具有第二连接构件 65 作为金属构件侧固定部,金属构件侧固定部具有的宽度大于开口的宽度并且设置有可弹性变形部。在第二连接构件 65 中,第二连接构件 65 的一端可以连接到第一连接构件 63 并且另一端可以连接到引线电极 50 或管道 70,所述另一端通过以可弹性变形部(弯曲部)为中介被设置在相对侧。

[0143] 在以上设计中,第一连接构件 63 的宽度(也就是说,开口的宽度)可以小于第二

连接构件 65 的宽度。换言之,真空绝缘容器 20 和 40 中形成的开口的宽度(直径)可以被设置得小而不考虑第二连接构件 65 的结构。因此,与开口具有大直径的情况相比,可以更加抑制热通过开口的进和出。

[0144] 在用于超导装置的上述容器中,如图 10 中所示,所述连接构件可以包括:

[0145] (a) 壳体侧固定部 73,其由树脂制成并接触所述开口的壁;以及

[0146] (b) 金属构件侧固定部 75,其由树脂制成,具有可弹性变形部,并且连接到作为金属构件的引线电极 50 或管道 70。

[0147] 壳体侧固定部 73 可以具有从作为壳体的真空绝缘容器 20 和 40 的外表面上方的位置处的开口向着外侧延伸的树脂质凸缘部。金属构件侧固定部 75 可以具有被设置在与树脂质凸缘部相对的位置中的金属凸缘部。金属凸缘部可以通过结合构件 76 来结合树脂质凸缘部。可弹性变形部可以包括金属凸缘部和树脂质凸缘部之间的结合部。另外,可以将可弹性变形部设置在金属构件侧固定部 75 与引线电极 50 或管道 70 连接的连接部(图 10 中与引线电极 50 连接的内部外周侧端部)和金属凸缘部之间。此外,金属凸缘部自身可以通过具有足够薄的厚度而用作可弹性变形部。

[0148] 在以上的情况中,因为金属凸缘部通过结合构件 76 与树脂质凸缘部连接并固定的部分变成真空密封部,所以可以形成其中两个凸缘部彼此面对的具有大面积的真空密封部。另外,金属凸缘部和树脂质凸缘部具有的厚度都可以使得凸缘部能够自身弹性变形以便减轻热应力。因此,凸缘部的弹性变形可以减轻热应力。

[0149] 一种本发明的用于超导装置的容器,所述容器在其中安装作为包括超导体的构件超导线圈 60 并且所述容器设置有:

[0150] (a) 真空绝缘容器 20 和 40,其均是由树脂制成的壳体并且设置有开口;

[0151] (b) 引线电极 50 和管道 70,其均是被设置成使得其穿过所述开口的金属构件;以及

[0152] (c) 连接构件,其均覆盖所述开口,将引线电极 50 或管道 70 连接到真空绝缘容器 20 或 40(每个连接构件是由金属构件侧固定部 75 和壳体侧固定部 73 组成的连接构件)。

[0153] 连接构件中的每个可以包括:

[0154] (a) 壳体侧固定部 73,其由树脂制成并接触所述开口的壁;以及

[0155] (b) 金属构件侧固定部 75,其由树脂制成并且连接到作为金属构件的引线电极 50 或管道 70。

[0156] 壳体侧固定部 73 可以具有从作为壳体的真空绝缘容器 20 和 40 的外表面上方的位置处的开口向着外侧延伸的树脂质凸缘部。金属构件侧固定部 75 可以具有被设置在与树脂质凸缘部相对的位置中的金属凸缘部。金属凸缘部可以通过结合构件 76 来结合树脂质凸缘部。可以将可弹性变形部(例如,具有弯曲横截面的弯曲部)设置在金属构件侧固定部 75 与引线电极 50 或管道 70 连接的连接部(图 10 中与引线电极 50 连接的内部外周侧端部)和金属凸缘部之间。此外,金属凸缘部自身可以通过具有足够薄的厚度而用作可弹性变形部。树脂质凸缘部可以与真空绝缘容器 20 和 40 的外表面距离预定距离 T(参见图 10)。换言之,可以在树脂质凸缘部与真空绝缘容器 20 和 40 的外表面之间形成间隙。

[0157] 在用于超导装置的上述容器中,如图 12 中所示,在金属凸缘部中,在接触结合构件 76 的表面 82(参见图 10)上,可以形成弧形的凹凸部 79,使得它们均沿着圆的圆周延伸,

所述圆的中心位于其中金属凸缘部与作为金属构件的引线电极 50 (或管道 70) 连接的连接部的中心。形成上述凹凸部 79, 可以增大金属凸缘部和结合构件 76 之间的结合界面的面积。

[0158] 在用于超导装置的上述容器中, 如图 10 中所示, 壳体侧固定部 73 可以设置有贯通孔 74, 并且贯通孔 74 位于作为壳体的真空绝缘容器 20 和 40 的开口内部。作为金属构件的引线电极 50 或管道 70 可以插入贯通孔 74。贯通孔 74 可以在其内表面处设置有凹凸部 34。引线电极 50 或管道 70 可以在其外表面处设置有螺纹结构部 78。通过将螺纹结构部 74 配合凹凸部 34, 引线电极 50 或管道 70 可以固定到壳体侧固定部 73。当采用这种结构时, 引线电极 50 或管道 70 可以通过螺纹结构容易地固定到连接构件 (壳体侧固定部 73)。另外, 因为与没有形成螺纹结构部 78 和凹凸部 34 的情况相比, 壳体侧固定部 73 和引线电极 50 或管道 70 之间的接触面积可以增大, 所以可以更平滑地执行壳体侧固定部 73 和引线电极 50 或管道 70 之间的热传导。

[0159] 一种本发明的超导装置, 其设置有:

[0160] (b) 用于超导装置的上述容器, 以及

[0161] (b) 超导线圈 60, 其被理解为包括超导体的构件并且安装在用于超导装置的容器中。

[0162] 以上构造可以抑制在真空绝缘容器 20 和 40 的一部分 (开口) 处显现裂缝等, 由此能够实现具有高度可靠性的超导装置, 引线电极 50 或管道 70 穿过所述真空绝缘容器 20 和 40 的一部分 (开口)。

[0163] 以上说明了本发明的实施例。要考虑, 以上公开的实施例在所有方面都是示例性的而非限制性的。本发明的范围不由所附权利要求书的范围示出。因此, 本发明意图覆盖等价于权利要求书范围的范围和含义内包括的所有修改和更改。

[0164] 工业可应用性

[0165] 本发明作为增强超导装置针对外部的密闭性的技术是优良的。

[0166] 附图标记列表

[0167] 10 : 容器内部空间

[0168] 12、22、32、42 和 52 : 连接构件

[0169] 14、24 和 64 : 弯曲部端部

[0170] 16、26、36、46、56 和 66 : 结合材料

[0171] 17、27、37、47 和 67 : 间隙

[0172] 20 和 40 : 真空绝缘容器

[0173] 21 : 固定构件

[0174] 28 : 凸缘部

[0175] 30 : 真空绝缘浴

[0176] 34 : 凹凸部

[0177] 44 : 连接区域

[0178] 48 : 上弯曲部的连接区域

[0179] 50 : 引线电极

[0180] 58 : 上连接区域

- [0181] 60 :超导线圈
- [0182] 63 :第一连接构件
- [0183] 65 :第二连接构件
- [0184] 70 :管道
- [0185] 72 和 82 :表面
- [0186] 73 :壳体侧固定部
- [0187] 74 :贯通孔
- [0188] 75 :金属构件侧固定部
- [0189] 76 :结合构件
- [0190] 78 :螺纹结构部
- [0191] 79 :凹凸部
- [0192] 引用列表
- [0193] 专利文献
- [0194] 专利文献 1 :公布的日本专利申请 Tokukai 2008-218861

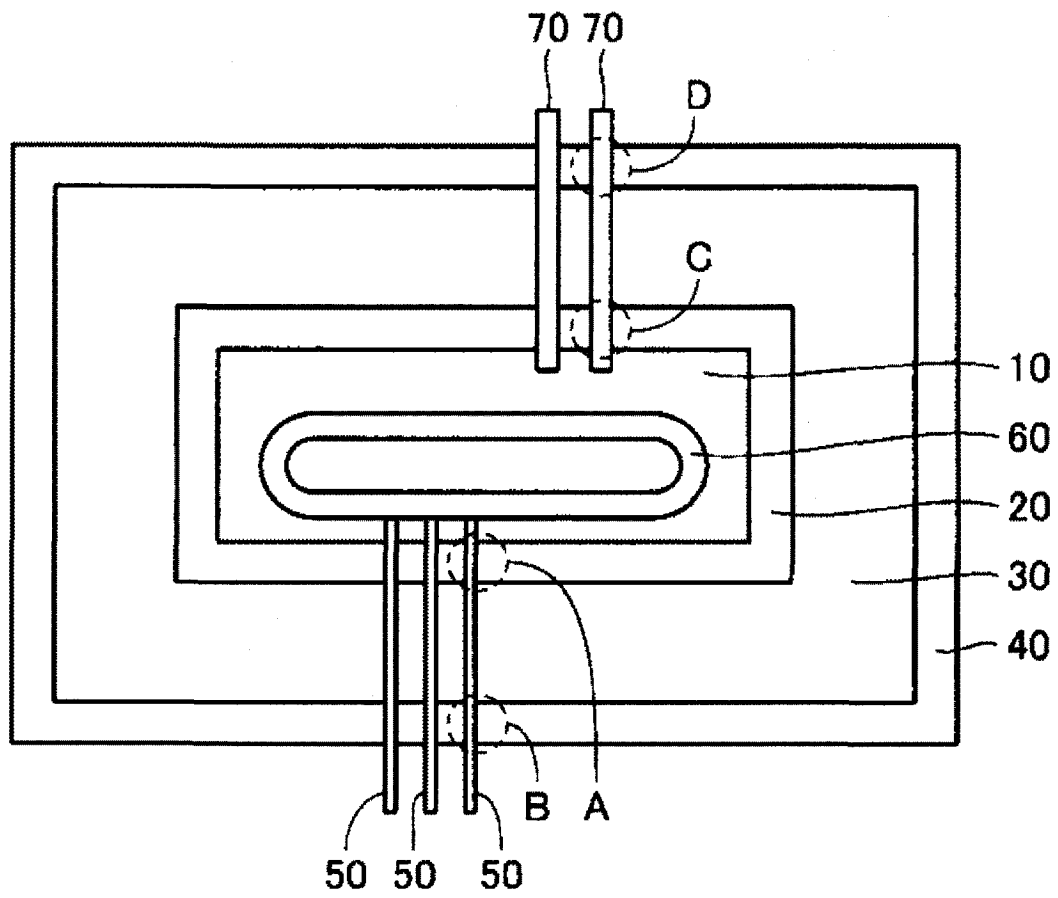


图 1

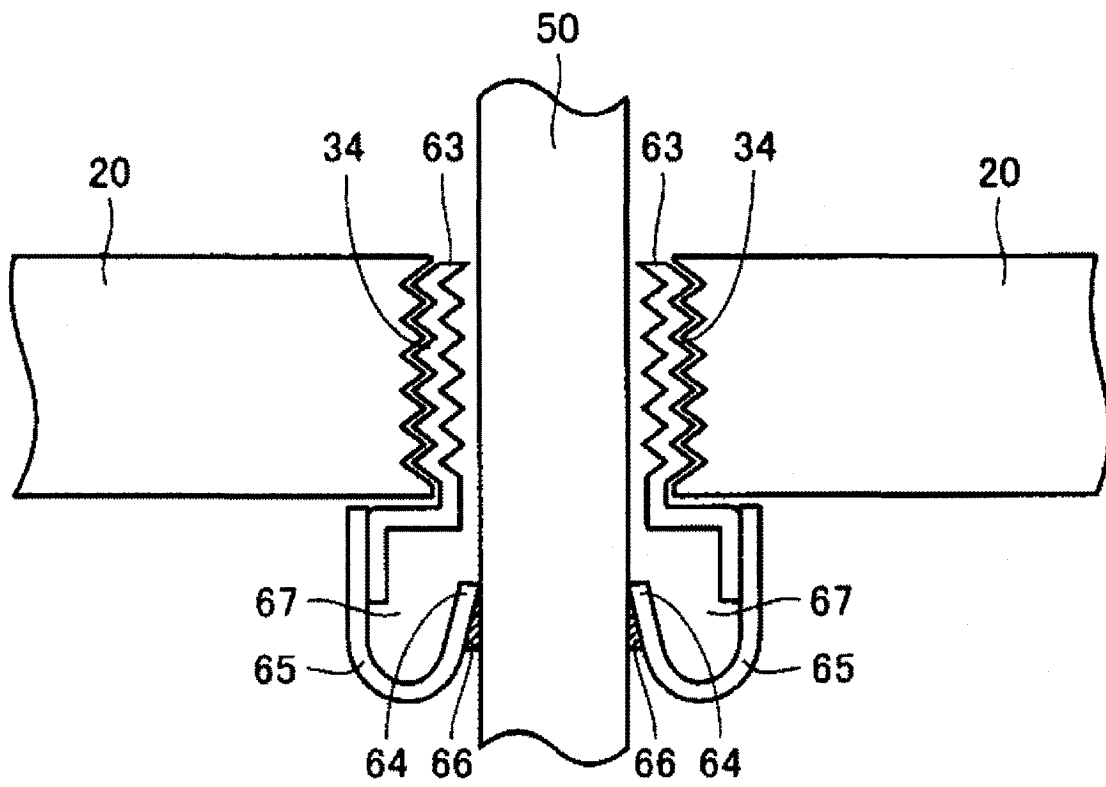


图 2

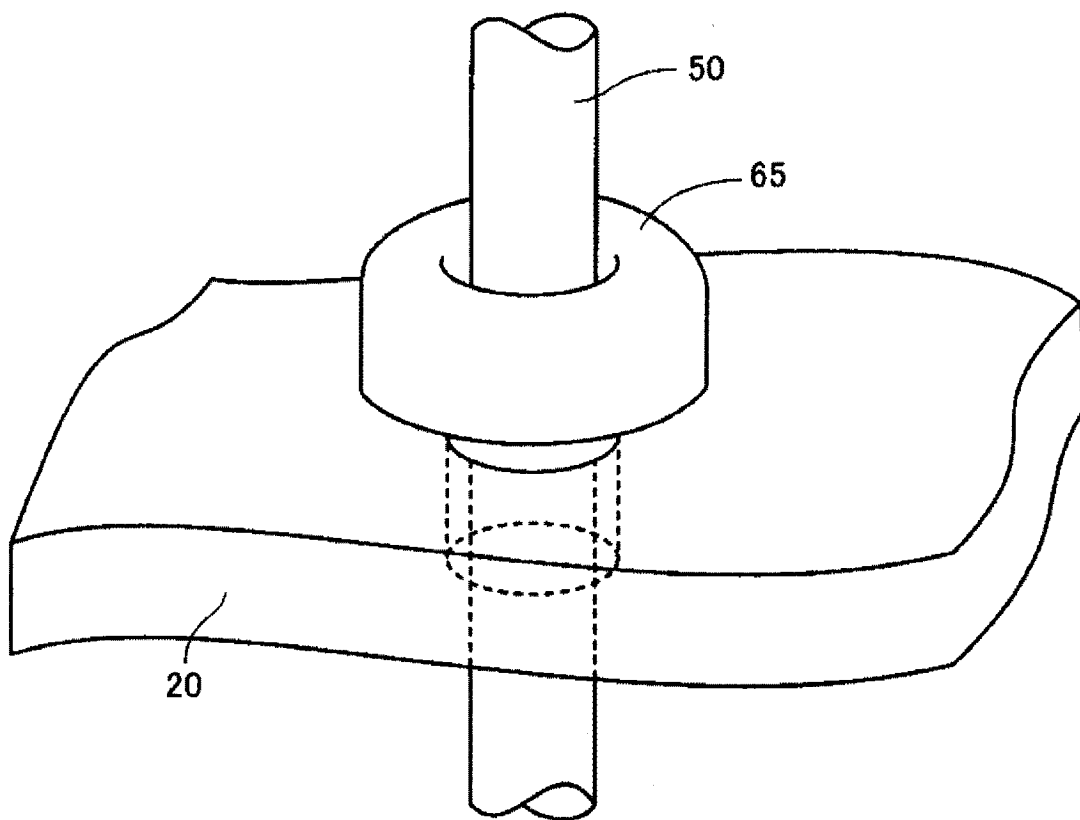


图 3

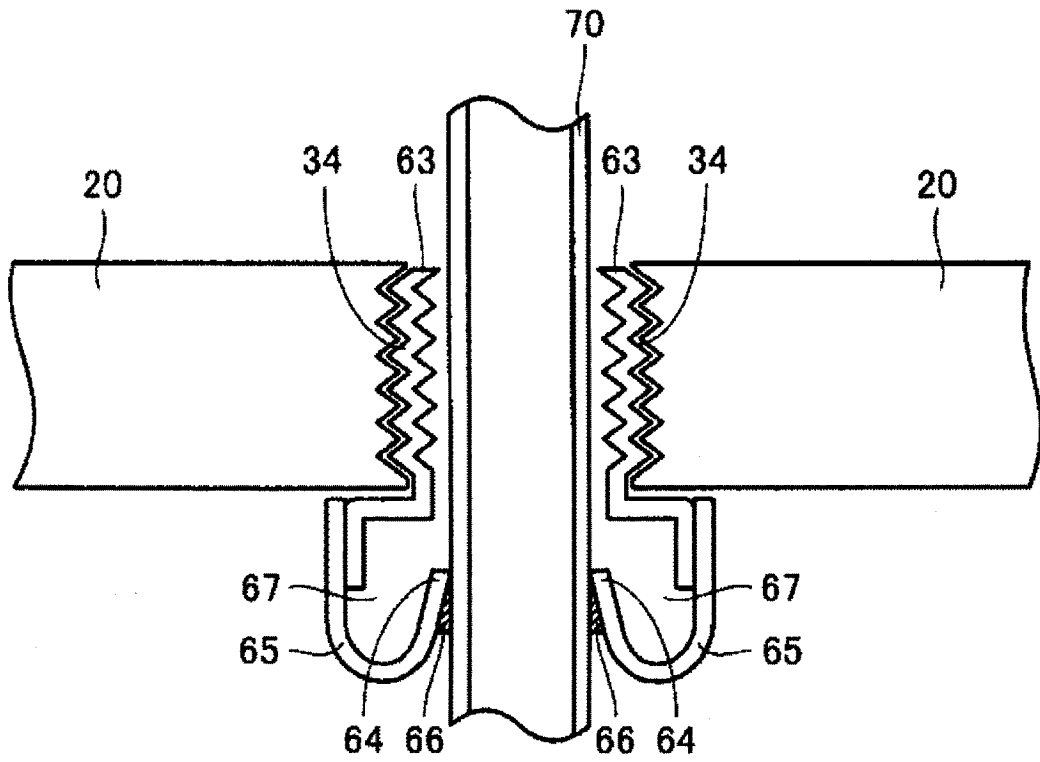


图 4

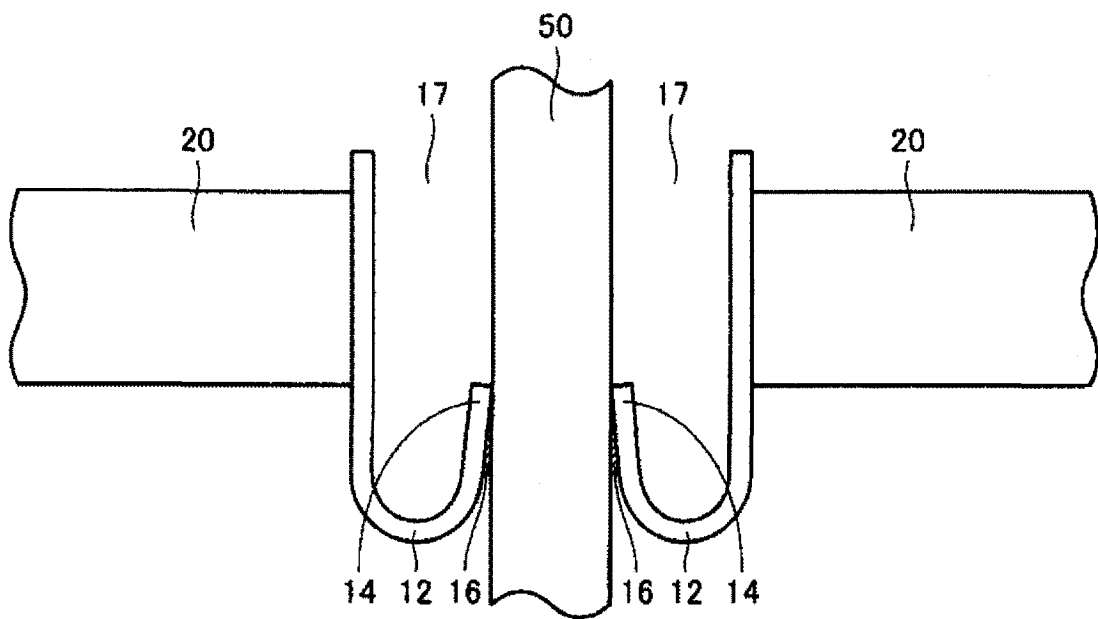


图 5

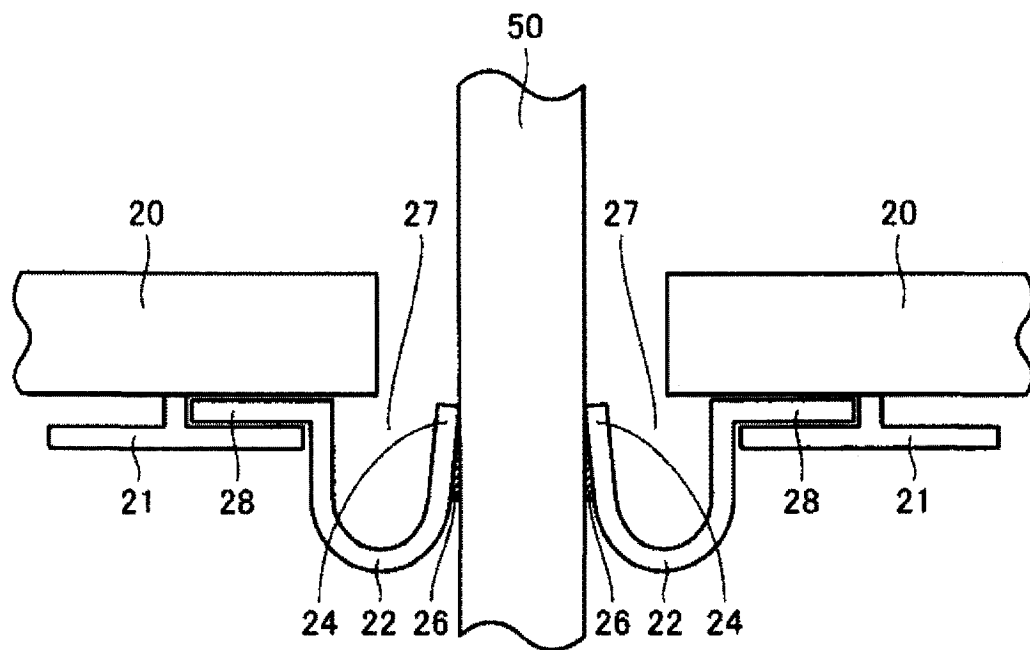


图 6

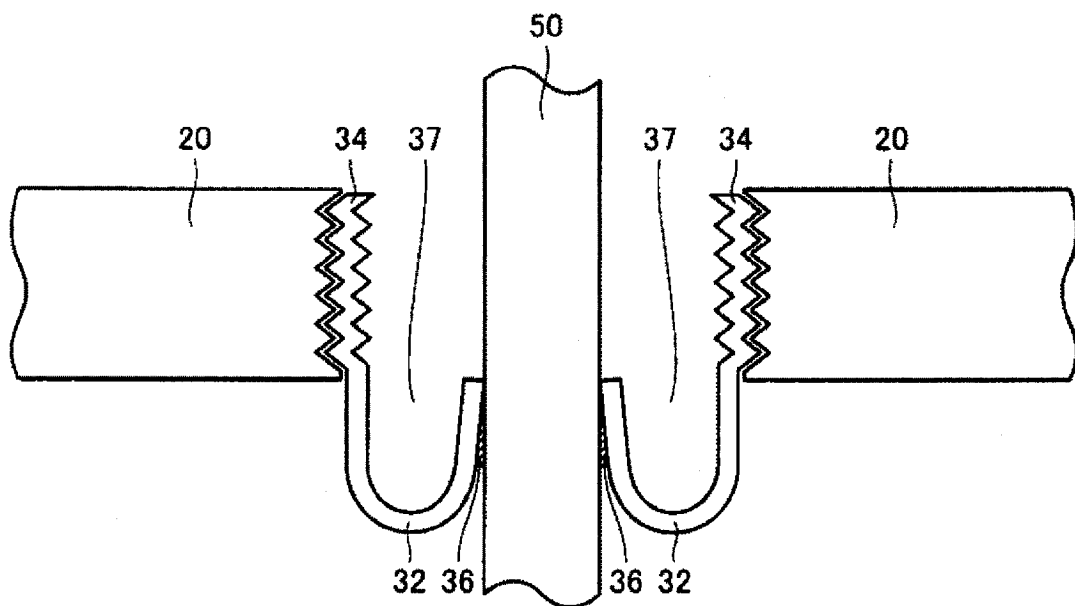


图 7

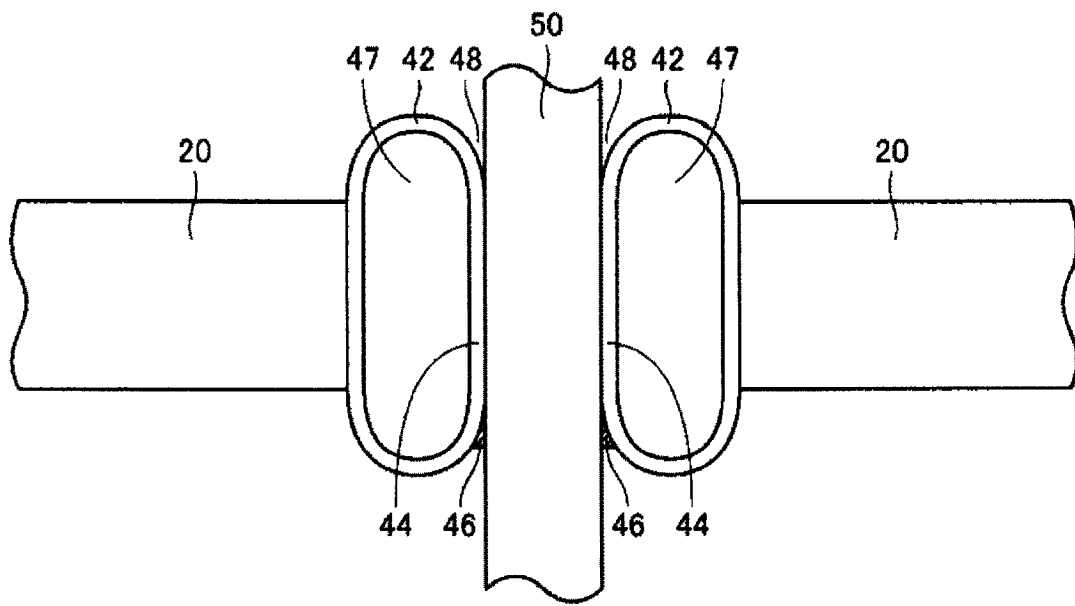


图 8

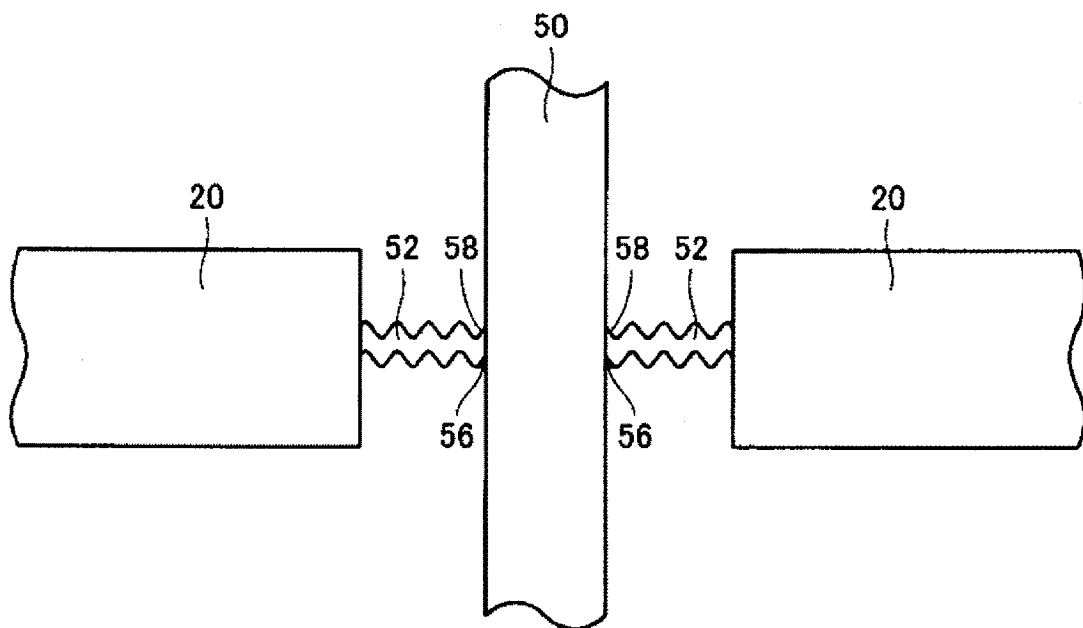


图 9

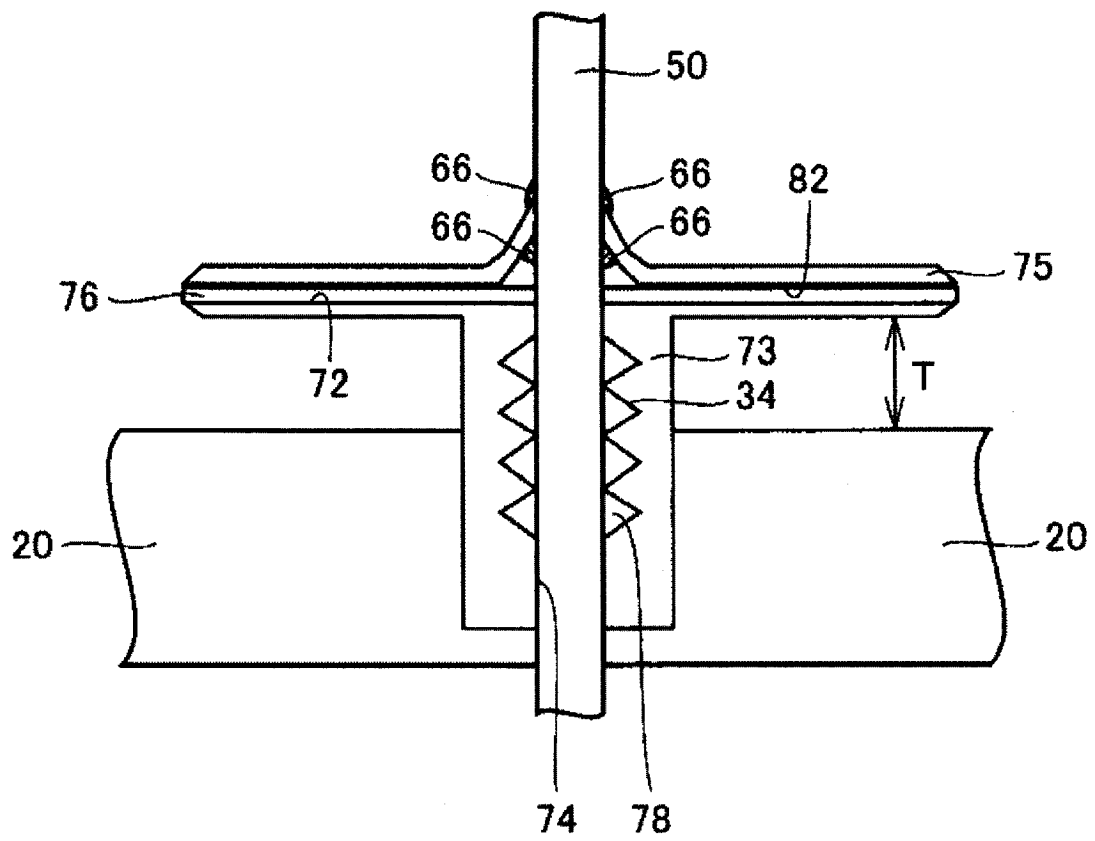


图 10

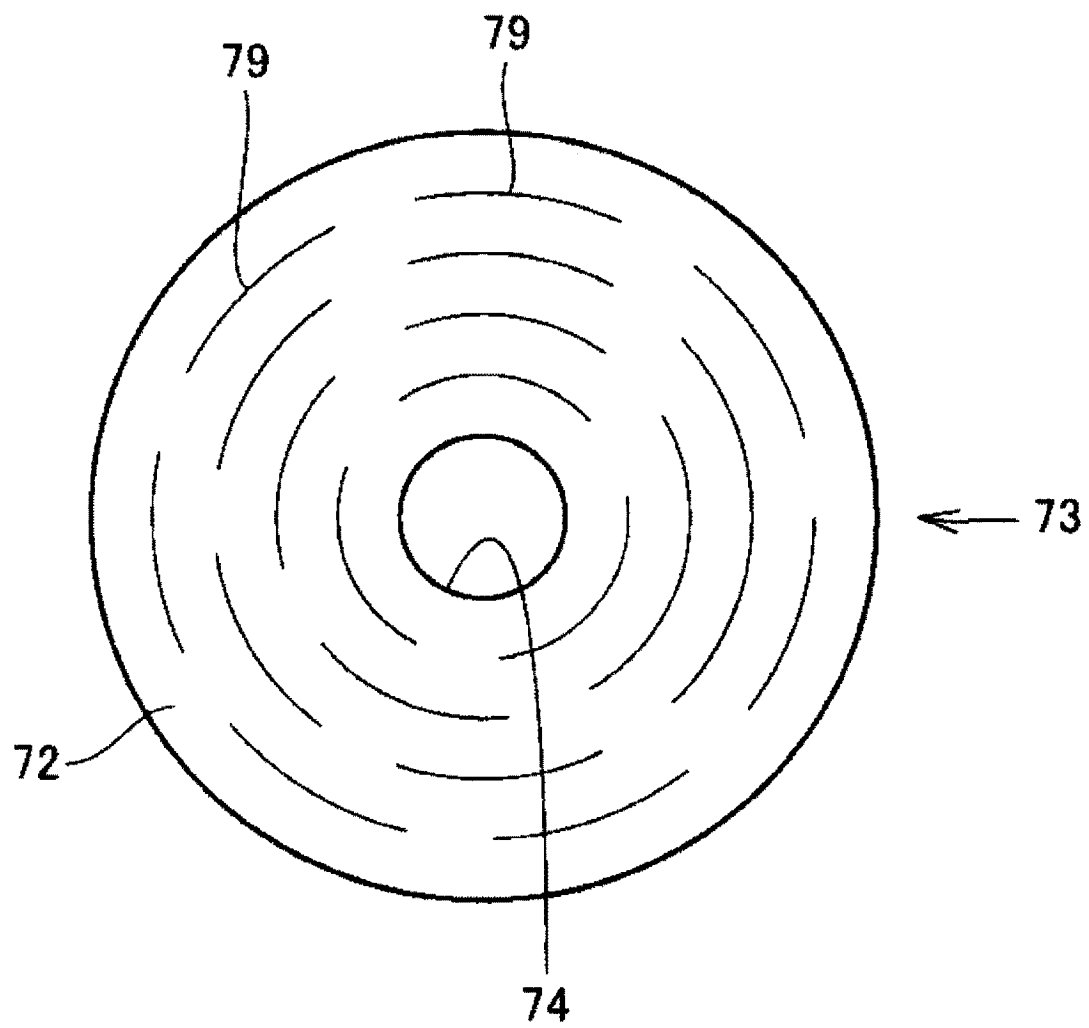


图 11

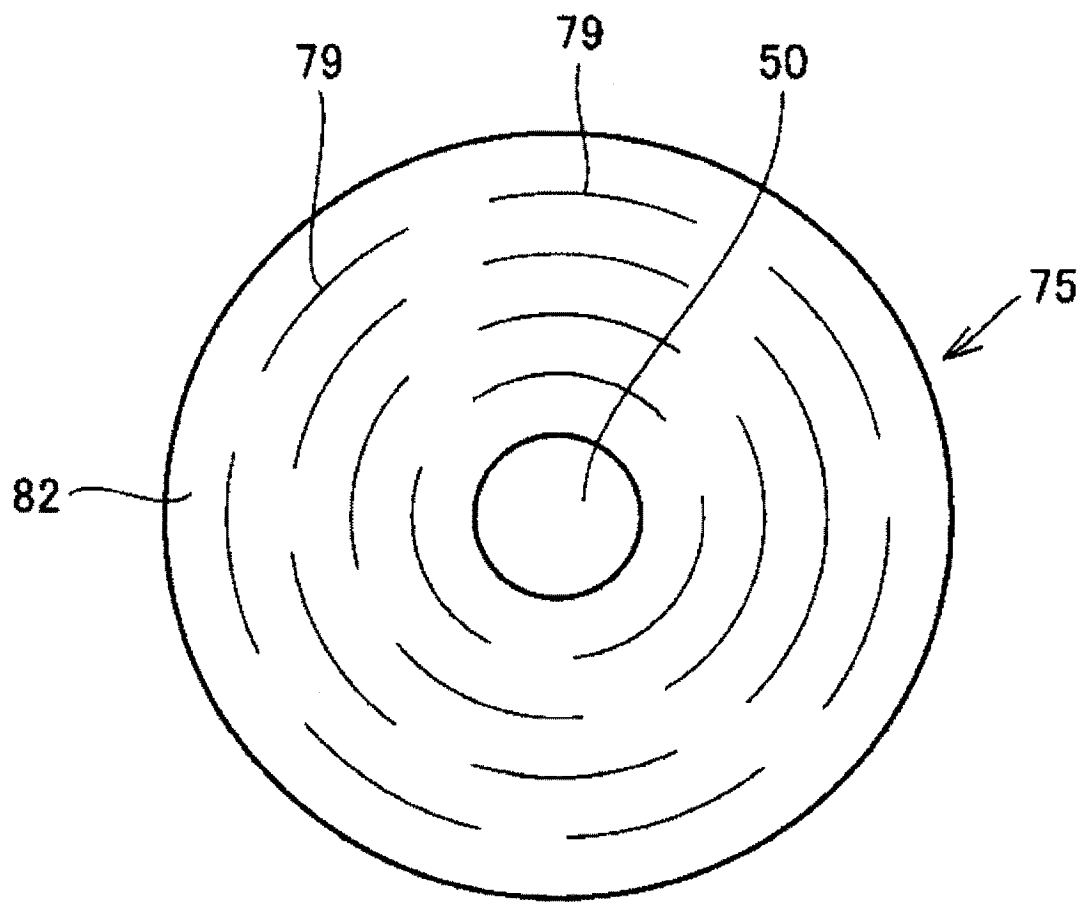


图 12