

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01B 12/00 (2006.01)

H01R 4/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410059702.3

[45] 授权公告日 2007 年 10 月 17 日

[11] 授权公告号 CN 100343927C

[22] 申请日 2004.6.17

[21] 申请号 200410059702.3

[30] 优先权

[32] 2003.6.19 [33] JP [31] 174396/03

[73] 专利权人 住友电气工业株式会社

地址 日本大阪府

共同专利权人 东京电力株式会社

[72] 发明人 芦边佑一 高桥芳久 本庄升一
卫藤敬佐

[56] 参考文献

GB2331868A 1999.6.2

JP11-121059A 1999.4.30

US4794688A 1989.1.3

JP7-312237A 1995.11.28

JP2002-140944A 2002.5.17

审查员 俞文良

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 李晓舒 魏晓刚

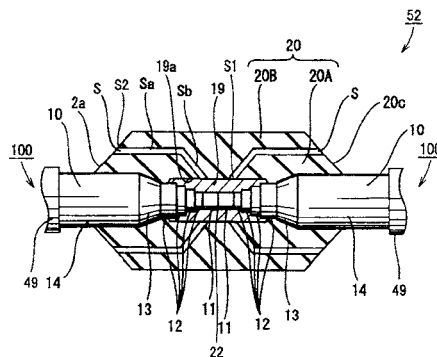
权利要求书 3 页 说明书 14 页 附图 7 页

[54] 发明名称

超导电缆接合结构

[57] 摘要

本发明公开了一种超导电缆接合结构 (52, 54), 用于将在低温下使用的超导电缆 (100) 接合在一起, 或者将所述超导电缆 (100) 的端子与普通的传导电缆 (33) 接合在一起, 这种结构包括: 一个接合绝缘层 (20), 其被径向设置在用于将超导电缆中的导体 (11) 连接在一起或者将超导电缆中的导体 (11) 与普通传导电缆中的导体 (31) 连接在一起的部分 (22) 的外侧; 以及至少一条冷却剂通道 (S), 该通道被设置在所述接合绝缘层 (20) 处, 用以对将所述导体连接在一起的部分进行冷却。可以防止所述电缆芯体的连接部产生热量而具有较高的温度。



1、一种超导电缆的接合结构（55，56，59），用于将在低温下使用的超导电缆（100）接合在一起，或将所述超导电缆（100）的端子与普通传导电缆（33'）接合在一起，该结构包括：

导体连接部（22），其允许所述电缆（100）使它们相应的导体（11）相互贴靠并且连接在一起，或者允许所述超导电缆（100）与所述普通传导电缆（33'）使它们相应的导体（11，60）相互贴靠并且连接在一起；

导体连接套（19），该连接套压连接所述导体连接部（22）的外周；

超导线（41），其被设置在所述导体连接套（19）的径向外表面上，或者被嵌入所述导体连接套（19）的内部，以减少热量的产生；以及

接合绝缘层（40，40'，30），其被设置在所述导体连接套（19）或者所述超导线（41）的外周上，

其中，所述接合绝缘层在其中具有至少一条冷却剂通道。

2、如权利要求1所述的超导电缆的接合结构（55，59），其中，所述超导线（41）使其相对端部电连接到两个即将连接在一起的所述超导电缆（100）中每一个的所述导体（11）上，或者电连接到即将连接在一起的所述超导电缆（100）的所述导体（11）和所述普通传导电缆（33'）的所述导体（60）上。

3、如权利要求1所述的超导电缆的接合结构（55，59），其中：所述超导线（41）沿纵向设置在导体连接套（19）的径向外表面（19a）上，或者围绕所述导体连接套螺旋卷绕，并且被焊接在其上。

4、如权利要求1中所述的超导电缆的接合结构（59），其中：所述超导电缆（100）和所述普通传导电缆（33'）具有所述导体连接部（22），以使得所述普通传导电缆（33'）具有从其突伸出来的导体（60），所述超导体（60）与所述超导电缆（100）的所述导体（11）经由所述导体连接部（22）连接在一起，同时所述接合绝缘层（30）径向设置在所述导体连接部（22）的外侧，此外，所述接合绝缘层（30）的端面与所述普通传导电缆（33'）的外端面连接在一起，形成一个交界部（63），且所述交界部（63）设置有一条冷却剂通道（S）。

5、如权利要求1所述的超导电缆的接合结构（59），其中：

所述超导电缆(100)具有电缆芯体(10);

所述电缆芯体(10)具有由长纤维制成的定径管(11),以多层形式围绕所述定径管(11)的周边螺旋缠绕的超导层(12),以及径向设置于所述超导层(12)外侧的绝缘层(13);并且

所述电缆芯体(10)具有一个端子,该端子带有以阶梯状露出的所述定径管(11)和所述超导层(12),并且嵌入所述导体连接套(19)中的所述超导线(41)在径向内表面或径向外表面处连接在阶梯状露出的所述定径管(11)和所述超导层(12)上。

6、如权利要求1所述的超导电缆的接合结构(52),其中:

所述超导电缆(100)具有多于一个相互连接的所述电缆芯体(10),每个所述电缆芯体(10)具有一个屏蔽层(14)和一个防护层(49),所述屏蔽层(14)带有布置在所述绝缘层(13)外周处的超导线,所述防护层(49)由绝缘体制成,并且被布置在所述屏蔽层(14)的外周上;并且

所述电缆芯体(10)的所述超导层(12)与多个其它电缆芯体(10)的所述超导层(12)或所述普通传导电缆(33')的所述导体(60)经由所述导体连接部(22)连接在一起,所述导体连接部(22)覆盖有所述接合绝缘层(20)。

7、一种超导电缆的接合结构(57, 58, 66),用于将在低温下使用的超导电缆(100)接合在一起,或者将所述超导电缆(100)的端子与普通传导电缆(33')接合在一起,这种结构包括:

导体连接部(22),其允许所述电缆(100)使它们相应的导体相互贴靠、焊接并且电连接在一起,或者允许所述超导电缆(100)与所述普通传导电缆(33')使它们相应的导体(11, 60)相互贴靠、焊接并且电连接在一起;

超导线(51),其沿纵向设置在所述导体连接部(22)的外周上,或者围绕所述导体连接部卷绕,以减少热量的产生;以及

接合绝缘层(50, 50', 30),其被径向布置在所述超导线(51)的外侧,其中,所述接合绝缘层在其中具有至少一条冷却剂通道。

8、如权利要求7所述的超导电缆的接合结构(66),其中:所述超导电缆(100)和所述普通传导电缆(33')具有所述导体连接部(22),使得所述普通传导电缆(33')具有从其上突伸出来的导体(60),所述超导体(60)

与所述超导电缆(100)的所述导体(11)经由所述导体连接部(22)连接在一起,同时所述接合绝缘层(30)径向设置在所述导体连接部(22)的外侧,此外,所述接合绝缘层(30)的端面与所述普通传导电缆(33')的外端面连接在一起,形成交界部(63),所述交界部(63)设置有冷却剂通道(S)。

9、如权利要求7所述的超导电缆的接合结构(58,66),其中:

所述超导电缆(100)具有多于一个相互连接的电缆芯体(10),每个电缆芯体(10)具有屏蔽层(14)和防护层(49),所述屏蔽层(14)带有径向布置在所述绝缘层(13)外侧的超导线,而所述防护层(49)由绝缘体制成,并且径向设置在所述屏蔽层(14)的外侧;并且

所述电缆芯体(10)的所述超导层(12)与另一所述电缆芯体(10)的所述超导层(12)或所述普通传导电缆(33')的所述导体(61)经由所述导体连接部(22)连接在一起,所述导体连接部(22)覆盖有所述接合绝缘层(20)。

超导电缆接合结构

技术领域

本发明总体上涉及超导电缆接合结构，更为具体地说，涉及有效地防止导体连接部在接合过程中过热，并且由此将一根超导电缆芯体的端部连接到一个相配导体上。

背景技术

目前，城市以及类似区域存在一种消耗更多电能的趋势，并且因此需要更大的地下电能传送能力。因此，一种允许电流密度接近常规电缆的100倍的超导电缆得以研制。如同比如在日本已公开专利 No. 2002-140943 中公开的那样，这种超导电缆被构造成使得多个具有超导体的电缆芯体穿过一个外壳的内部空间，所述内部空间中具有液态氮或者类似物质流过其中，以用作一个冷却剂层。

为了将前述超导电缆铺设在地下，必须将具有规定长度的这种超导电缆连接在一起。但是，目前尚未研究出一种旨在对现有超导电缆进行合适连接的方法。日本已公开专利 No.7-335358 公开了将一根传统的非超导电力电缆与一根相配的电力电缆接合并由此连接在一起。更具体地说，如图 11 中所示，电力电缆 1 使它们的带有相应的暴露导体 2 的各个端部相互贴靠，并且利用一个装配在该电力电缆 1 外侧上的导体连接套 3 连接在一起，此外，利用一张浸油纸沿周向从外侧将它们环绕起来。

但是，如果如图 11 中所示那样采用将传统电力电缆 1 接合在一起的方法来分别将超导电缆中的芯体接合并由此连接在一起，那么作为普通导体中的导体连接套 3 将与超导体连接在一起。这就会在将普通导体与超导体连接在一起的部分产生一个较高的电阻值。结果，会产生较多的热量，并且环绕在电缆芯体周围的冷却剂会沸腾，最终损坏冷却剂浸润纸，并且为了保持电缆的超导性能，制冷机必须具有很大的工作能力。还有，在将由普通导体形成的导体连接套与超导体连接起来的部分处的较高电阻，会导致超导电缆总体上电流容量降低。

发明内容

本发明力图分别将超导电缆中的芯体接合并由此连接在一起，同时防止连接部由于产生热量而温度升高，同时允许该连接部提供一个较小的电阻，并且由此产生较少的热量。

在一个方面，本发明提供了一种结构，用于将在低温下使用的超导电缆接合在一起，或者将所述超导电缆的端子与一根普通的传导电缆接合在一起，这种结构包括：一个接合绝缘层，其被设置在分别将超导电缆中的导体连接在一起或者将超导电缆中的导体与普通传导电缆中的导体连接在一起的导体连接部的外周上；和至少一条单独的冷却剂通道，该通道设置在所述接合绝缘层处，用以对所述导体连接部进行冷却。需要注意的是，在本发明中，所述普通传导电缆还包括一根铅条（a lead rod）、一根电流导线以及其它类似的连接杆、导体提拉杆（conductor drawing rod）和其它类似的金属杆。

所述接合绝缘层带有一条接收和流过冷却剂的冷却剂通道。当导体连接部产生出热量时，流过该冷却剂通道的冷却剂可以去除这些热量，以防止所述导体连接部过热。

优选的是，在所述结构中，超导电缆具有一个外壳和一个插入在该外壳的内部空间中的电缆芯体。电缆芯体具有一个由长纤维制成的定径管，一个设置于该定径管的径向外表面上的超导层，以及一个径向设置于该超导层外侧的绝缘层。所述内部空间用作一个冷却剂层，供一种冷却剂穿过其中，该冷却剂层直接与所述接合绝缘层发生接触，带有供冷却剂层中的冷却剂流过的冷却剂通道。

由此，用于对电缆芯体进行冷却的冷却剂也可以流入所述接合绝缘层中的冷却剂通道内，其中所述电缆芯体具有用作导体的超导层。

优选的是，在所述结构中，接合绝缘层由分层设置的冷却剂浸润纸形成。由冷却剂浸润纸形成的接合绝缘层也可以被直接用于对所述导体连接部进行冷却。这一点可以与利用所述冷却剂通道实现的效果相互作用，来对所述导体连接部进行冷却，获得一种增效效应。

优选的是，所述结构还包括一个导体连接套，其被设置在所述导体连接部处，并且被压连接在相互贴靠设置的超导电缆中的导体的另一径向表面上或者与普通传导电缆中的导体相互贴靠设置的超导电缆中的导体的一

个径向外表面上。由装配在外侧的导体连接套连接在一起的相互贴靠导体可以使它们的接合保持机械稳定。

优选的是，在所述结构中，冷却剂通道沿着所述导体连接套的径向外表面具有一个径向内侧开口，以允许所述径向外表面直接与冷却剂接触。

对置的导体由一个装配在外侧的导体连接套连接在一起，并且所述连接套会产生出热量。但是，具有与所述连接套连通的径向内侧开口的冷却剂通道可以使得冷却剂穿过所述径向内侧开口，来直接对连接套的径向外表面进行冷却，并且由此更为高效地防止所述连接套过热。

优选的是，在所述结构中，冷却剂通道具有一条倾斜通道，用于将所述径向内侧开口连接到所述冷却剂通道的径向外侧开口上。

如果所述冷却剂通道相对于电缆的纵向形成一个直角，并且由此提供了一个明显的倾斜部分，那么施加于所述导体上的电压会增强在所述绝缘层与冷却剂通道边界处形成的电场，并且环绕这里所形成的电场的等势面将无法在所述明显倾斜部分保持平行，导致所述电场超过一个临界值。所述倾斜的冷却剂通道可以有效地减弱在所述绝缘层与冷却剂通道的边界处形成的电场。

还有，所述接合绝缘层可以由一种带有冷却剂通道的绝缘树脂模制件形成。换句话说，无需使用分层设置的冷却剂浸润纸。

优选的是，在所述结构中，超导电缆与普通传导电缆经由所述导体连接部连接在一起，以便使得从普通传导电缆突伸出来的导体与超导电缆中的导体经由所述导体连接部连接在一起，所述导体连接部周向设置有接合绝缘层，并且所述冷却剂通道被设置在接合绝缘层的一个端面与普通传导电缆的外端面的交界处。

一根普通传导电缆中的导体与一根超导电缆连接在一起，并且使得所述普通传导电缆与接合绝缘层具有交界部的部分带有一条冷却剂通道。该冷却剂通道可以轻易形成。还有，当所述导体连接部产生出热量时，这些热量可以散失到所述冷却剂通道中，来防止该导体连接部过热。

优选的是，所述普通传导电缆提供了一个绝缘体的固定部分，所述绝缘体由环氧树脂制成，这种环氧树脂呈现出高的耐热性、随着其固化收缩百分比很小（高的尺寸稳定性）以及优越的粘结性。

优选的是，在所述结构中，交界部相对于电缆的纵向倾斜，并且设置

有所述冷却剂通道。

如果所述冷却剂通道相对于电缆的纵向形成了一个直角，并且由此提供了一个明显的倾斜部分，那么施加于所述导体上的电压会增强在所述绝缘层与冷却剂通道边界处形成的电场，并且环绕这里所形成的电场的等势面将无法在所述明显倾斜部分保持平行，导致所述电场超过临界值。设置在一个倾斜平面上的所述冷却剂通道可以有效地减弱所述边界处的电场。

如果所述冷却剂通道相对于电缆的纵向形成一个直角，并且由此形成了一个明显的倾斜部分，那么由流过所述导体的电流环绕这里形成的电场的等势面将无法在所述明显倾斜部分保持平行，导致所述电场超过临界值。设置在一个倾斜交界部处的所述冷却剂通道可以在所述接合绝缘层中有利于电场的等势面基本上保持平行，以防止电场增强。

在另外一个方面，本发明提供了一种超导电缆接合结构，用于将在低温下使用的超导电缆接合在一起，或者将所述超导电缆的端子与一根普通的传导电缆接合在一起。这种结构包括：一个导体连接部，允许所述电缆中的相应导体相互贴靠并且被连接在一起，或者允许所述超导电缆与普通传导电缆中的相应导体相互贴靠并且被连接在一起；一个导体连接套，该连接套压连接所述导体连接部的圆周；一根超导线，其被设置在所述导体连接套的径向外表面上，或者被嵌入在所述导体连接套的内部，以减少热量的产生；以及一个接合绝缘层，其被设置在所述导体连接套或者超导线的外周上。

由于连接在所述导体连接套的外表面或者内表面上的超导线的电阻明显小于所述连接套，所以来自于超导电缆中的导体（超导体）的电流会趋于流过所述导线而并非所述连接套。由此，可以产生较少的热量。还有，在所述导体连接部，电流趋于流过所述超导线而并非导体连接套，因为所述超导线的电阻小于导体连接套。总体而言，可以防止所述超导电缆具有较小的电流容量。

所述超导线的相对端部被电连接在两个即将连接在一起的超导电缆每一个中的导体上，或者被电连接在即将连接在一起的超导电缆中的导体与普通传导电缆中的导体上。

由此，一根电阻较小的超导线可以分别直接横向连接(crosslink)超导电缆中的导体，以减少热量的产生，并且所述导体连接套可以保持稳固接合。

合适的是，所述超导线沿纵向设置在导体连接套的径向外表面上，或者螺旋卷绕在其上，并且被焊接在其上。

在再一个方面，本发明提供了一种超导电缆接合结构，用于将在低温下使用的超导电缆接合在一起，或者将所述超导电缆的端子与一根普通的传导电缆接合在一起。这种结构包括：一个导体连接部，它允许所述电缆中的相应导体相互贴靠、焊接并且电连接在一起，或者允许所述超导电缆与普通传导电缆中的相应导体相互贴靠、焊接并且电连接在一起；一根超导线，它沿纵方向设置在所述导体连接部的圆周上，或者被卷绕在其上，以减少热量的产生；以及一个接合绝缘层，其被径向设置在所述超导线的外侧。

由于连接在所述导体连接套的外表面或者内表面上的超导线的电阻明显小于所述连接套，所以来自于电缆芯体中的超导层的电流会趋于流过所述导线而并非所述连接套。由此，可以产生较少的热量。还有，在所述导体连接部，电流趋于流过所述超导线而并非导体连接套，因为所述导线的电阻小于导体连接套。总体而言，可以防止所述超导电缆具有较小的电容量。

优选的是，在所述结构中，接合绝缘层具有至少一条冷却剂通道。作为一种抵抗热量的途径，这一点也是优选的，因为可以与减少热量产生的效果相互作用，实现了一种通过所述冷却剂通道散失热量的增效效应。

所述超导电缆和普通传导电缆具有导体连接部，以便使得所述超导电缆具有一个从其上突伸出来的导体，所述超导体与超导电缆中的导体经由所述导体连接部连接在一起，同时所述接合绝缘层被径向设置在导体连接部的外侧，此外，所述接合绝缘层的一个端面与普通传导电缆的外端面被连接在一起，形成一个交界部，该交界部带有一条冷却剂通道。这一点是优选的，因为允许所述冷却剂通道被轻易形成，并且还可以防止所述导体连接部过热。

所述超导电缆包括：一个电缆芯体，该电缆芯体具有一个由长纤维制成的定径管；一个以多层形式围绕在所述定径管螺旋缠绕的超导层；以及一个径向位于所述超导层外侧的绝缘层。所述电缆芯体具有一个带有阶梯状露出的定径管和超导层的端子，而所述导体连接套具有径向内表面和外表面，且超导线嵌于其中，以减少热量的产生，并且被连接到阶梯状露出

的定径管和超导层上。阶梯状露出来的超导层允许所述导体连接套与每层的超导层形成稳固的电连接。

作为特殊构造，前述结构具有多于一个相互连接起来的电缆芯体，每个电缆芯体均具有一个屏蔽层和一个防护层，所述屏蔽层带有一根被径向设置在所述绝缘层的外侧的超导线，而所述防护层由绝缘体制成，并且被径向设置在所述屏蔽层的外侧；所述电缆芯体中的超导层与另一电缆芯体中的超导层或者普通传导电缆中的导体经由导体连接部连接在一起，所述导体连接部包覆有接合绝缘层。

当结合附图阅读下面对本发明的详细描述时，本发明的前述以及其它目的、特征、方面和优点将变得更为明了。

附图说明

在附图中：

图 1A 是超导电缆在一个实施例中的横剖面图，图 1B 是一个电缆芯体的透视图，而图 1C 是一个超导体的透视图；

图 2A 是一个纵向横剖面图，示出将第一实施例中的超导电缆内的芯体连接起来的方式，而图 2B 是一个与其正交的横剖面图；

图 3-5 是多个纵向横剖面图，分别示出在第二至第四实施例中将超导电缆内的芯体连接起来的方式；

图 6 是一个横剖面图，示出第四实施例的一种变型的示例；

图 7 是一个纵向横剖面图，示出将在第五实施例中的超导电缆内的芯体连接起来的方式；

图 8 是一个横剖面图，示出了第五实施例的一种变型的示例；

图 9 和 10 是两个纵向横剖面图，分别示出在第六和第七实施例中将超导电缆内的芯体连接起来的方式；而

图 11 是一个传统示例的横剖面图。

具体实施方式

下面参照附图对本发明的实施例进行描述。

参照图 1A，本实施例提供了一种超导电缆 100，如沿径向向外方向所见到的，包括分层设置的一个内侧波纹管 15、一个绝缘层 16、一个外侧波

纹管 17 以及一个抗腐蚀层 18, 来形成一个圆柱体, 以便形成用作绝缘导管的外壳 70。外壳 70 具有一个内部空间 71, 该内部空间 71 用作一个冷却剂层 R, 并且有三根电缆芯体 10 穿过其中。内侧波纹管 15 和外侧波纹管 17 是由不锈钢制成的波纹状圆柱体, 而抗腐蚀层 18 比如由聚氯乙烯 (PVC) 制成。冷却剂层 R 使用了液氮、液氦等的冷却剂。

如图 1A 和 1B 中所示, 电缆芯体 10 包括: 一个定径管 11, 该定径管 11 由扭绞在一起的铜丝制成, 并且被置于所述芯体的中部; 一个超导层 12, 该超导层 12 由一种螺旋卷绕在定径管 11 周围的超导体制成; 以及一个绝缘层 13, 在超导层 12 的外周上缠绕有一个屏蔽层和一个防护层 (未示出)。

定径管 11 由多个铜丝制成, 这些铜丝形成扭绞在一起的绝缘导线束, 以保持电缆芯体 10 的机械性能 (刚度、弯曲特性以及类似性能), 并且还降低了在该定径管中的涡电流损失。还有, 由于定径管 11 的外周卷绕有超导层 12 并且超导层 12 的电阻非常低, 所以电流趋于流过超导层 12 而并非定径管 11。但是, 需要指出的是, 如果涡电流存在并且超过了一个临界值 I_c , 那么超导层 12 的电阻将增大, 为了安全起见, 定径管 11 也将流过电流, 并且用作一个旁路。定径管 11 也可以由铜之外的金属制成。

如图 1C 中所示, 超导层 12 由一根导线制成, 该导线呈一根由铋 (Bi) - 2223、超导纤维 12b 以及包覆所述纤维的银 12a (或者银的合金) 制成的条带形式。超导纤维 12b 可以由陶瓷制成, 比如氧化钇、氧化铈、氧化铋。

绝缘层 13 由聚丙烯层压纸 (PPLP) 制成, 该聚丙烯层压纸由聚丙烯薄膜形成, 至少在其一个表面上粘结有牛皮纸。绝缘层 13 中浸润有冷却剂, 并且处于低温绝缘体系。可选择地, 绝缘层 13 可以是一张纸, 这张纸比如由组合在一起的聚乙烯薄膜、聚丙烯薄膜或等制成。

屏蔽层 14 的构造类似于超导层 12 的构造, 并且沿着一个与超导层 12 相反的方向流过一个电流, 来消除磁场。

正如下面将要描述的那样, 超导电缆 100 具有在第一实施例中结合和连接起来的电缆芯体 10。

第一实施例

参照图 2A, 本实施例提供了一种超导电缆接合结构 52。更具体地说, 两个对置的电缆芯体 10 使其相应的定径管 11 和超导层 12 呈阶梯状露出, 从而使得它们可以被连接到导体连接套 19 上。定径管 11 相互贴靠, 而导

体连接套 19 被外侧装配和连接起来, 以便形成一个导体连接部 22, 其中导体连接套 19 形成一个金属圆柱体 (比如铜、铝或者类似金属)。

导体连接套 19 和超导层 12 比如通过焊料电连接起来, 并且导体连接套 19 与定径管 11 被压连接。

导体连接套 19 覆盖有围绕它缠绕的第一冷却剂浸润纸 20A 和第二冷却剂浸润纸 20B, 来用作一个接合绝缘层 20。与绝缘层 13 相似, 第一冷却剂浸润纸 20A 和第二冷却剂浸润纸 20B 也可以由聚丙烯层压纸 (PPLP) 制成, 或者可以是牛皮纸, 所述聚丙烯层压纸由聚丙烯薄膜形成, 至少在它的一个表面上粘结有牛皮纸。

更具体地说, 如图 2A 中所示, 导体连接套 19 上卷绕有沿纵向分成两部分的第一冷却剂浸润纸 20A, 并且如图 2B 中所示, 第一冷却剂浸润纸 20A 的径向外表面上沿周向以间隔方式设置有垫圈 21, 并且其上的第二冷却剂浸润纸 20B 被卷绕在这些垫圈 21 上, 来形成具有一条冷却剂通道 S 的接合绝缘层 20。

需要注意的是, 接合绝缘层 20 的一个端部带有倾斜的侧表面 20c, 从而使得其不会相对于电缆芯体 10 的纵向形成一个直角, 并且由此与所述电缆芯体平滑邻接。

如果侧表面 20c 相对于电缆的纵向形成一个直角, 并且由此形成一个明显的倾斜部分, 那么施加在超导层 12 上的电压可以增强在接合绝缘层 20 与侧表面 20c 边界处形成的电场, 并且环绕这里所形成的电场的等势面将无法在所述明显倾斜部分保持平行, 导致所述电场超过临界值。接合绝缘层 20 的端部带有与电缆芯体 10 平滑邻接的侧表面 20c, 这可以有效地减弱所述边界处的电场。

还有, 如图 2 中所示, 冷却剂通道 S 具有一个水平部分 Sa 和一个倾斜部分 Sb。水平部分 Sa 具有一个与冷却剂层 R 连通的端部, 而倾斜部分 Sb 也具有一个与导体连接套 19 的外表面邻接的端部。

换句话说, 冷却剂通道 S 具有倾斜通道 Sb, 该倾斜通道 Sb 将冷却剂通道 S 的径向内侧开口 S1 与冷却剂通道 S 的径向外侧开口 S2 连接起来。径向内侧开口 S1 沿着径向外表面 19a 位于导体连接套 19 处, 其中径向外表面 19a 直接与冷却剂发生接触。由于与侧表面 20c 倾斜的相同原因, 部分 Sb 相对于电缆芯体 10 的纵向倾斜, 而并非与其垂直。

因此，对置的电缆芯体 10 使其相应传导层 12 由装配在其外侧的普通导体或者导体连接套 19 连接在一起。尽管连接套 19 会产生出热量，但是与内侧波纹管 15 的内部空间 71 相对应的冷却剂层 R 的冷却剂可以流入形成于接合绝缘层 20 中的冷却剂通道 S 内，并且在连接套 19 处所产生的热量可以通过冷却剂通道 S 中的冷却剂的对流而扩散至冷却剂层 R，从而防止连接套 19 过热。

需要注意的是，如图 2B 中所示，尽管在本实施例中周向设置了多于一个冷却剂通道 S，但是可以设置任意数量的冷却剂通道。例如，可以仅设置一条冷却剂通道。还有，垫圈 21 被合适地置于由分层卷绕的冷却剂浸润纸形成的绝缘层 20A 与 20B 之间。但是，它也可以被设置在电缆芯体 10 的径向外表面与接合绝缘层 20 之间。还有，接合绝缘层 20 可以是一个绝缘树脂模制件。

第二实施例

参照图 3，本实施例与第一实施例的区别在于，本实施例提供了一种超导电缆接合结构 53，其包括一个接合绝缘层 20'，如沿纵向所见，该绝缘层 20' 包括一条沿着电缆芯体 10 延伸的冷却剂通道 S'，并且该冷却剂通道 S' 在与导体连接套 19 邻接的部分处发生连通。

冷却剂通道 S' 具有一个水平部分 Sa'，其使得一个端部 Sf 与冷却剂层 R 连通；一个倾斜部分 Sb'，其与水平部分 Sa' 连通，并且在径向外表面 19a 处具有一个邻接导体连接套 19 的端部；一个水平部分 Sd'，其使得一个端部 Sg' 与冷却剂层 R 连通；一个倾斜部分 Se'，其与水平部分 Sd' 连通，并且具有一个在表面 19a 处与连接套 19 邻接的端部；以及一个连通部分 Sc'，允许对置的倾斜部分 Sb' 和 Se' 的相应端部彼此连通。

更具体地说，导体连接套 19 上卷绕有分成两部分的第一冷却剂浸润纸 20A，如沿纵向所见。随后，该第一冷却剂浸润纸 20A 在其径向外表面上设置有沿周向以间隔方式设置的垫圈，在其上卷绕有第二冷却剂浸润纸 20B'。具有冷却剂通道 S' 的接合绝缘层 20' 由此得以形成。在此过程中，还需将倾斜部分 Sb' 与 Se' 的端部之间的垫圈设置在连接套 19 的外表面上，以便使得所述垫圈得以周向排布并且间隔设置，并且将第二冷却剂浸润纸 20B' 卷绕在其周围上允许连通部分 Sc' 水平形成，并且在表面 19a 处与连接套 19 邻接。

前述布置允许存在于接合绝缘层 20' 外侧的冷却剂层 R 中的冷却剂在一

个端部 Sg'处流入冷却剂通道 S'内,并且在另一端部 Sf'处流出。所述冷却剂由此通过冷却剂通道 S'进行循环,来更高效地对连接套 19 进行冷却。

本实施例中的其余构造类似于第一实施例中的其余构造。

第三实施例

在本实施例中,将对一种将超导电缆的端子与用于固定普通传导电缆的树脂单元接合在一起的结构进行描述。

参照图 4,本实施例与第一实施例的不同之处在于,本实施例提供了一种超导电缆接合结构 54,用于将超导电缆 100 中的电缆芯体 10 连接到一个树脂单元 33 中的导体 31 上,其中树脂单元 33 用于将普通传导电缆固定到外部构件上。

在树脂单元 33 中,由铝和铜制成的导体 31 由一个绝缘体 32 的固定部分环绕起来,其中绝缘体 32 由环氧树脂制成,其横剖面呈偏菱形。绝缘体 32 的固定部分的一个端部带有突出并由此露出来的导体 31,该导体 31 具有一个端部,即连接部分 31a,其被装配在电缆芯体 10 中的超导层 12 的外侧,并且由此连接于其上。

导体连接套 19 的外表面和绝缘体 32 的固定部分端部的侧表面 32a 包覆有卷绕其上的冷却剂浸润纸 30A 和 30B,以形成一个接合绝缘层 30。该接合绝缘层 30 与普通传导电缆 33 的交界部相对于电缆芯体 14 的纵向倾斜,并且带有一条冷却剂通道 S1。

更具体地说,侧表面 32a 设置有沿着电缆芯体 10 的圆周间隔开的垫圈(未示出),并且第一冷却剂浸润纸 30A 被卷绕导体 31 上用作导体连接部 22 的突起,并由此覆盖该突起。接着,第一冷却剂浸润纸 30A 也在外侧周向设置有间隔开的垫圈(未示出),并且第二冷却剂浸润纸 30B 被卷绕于其上,来形成接合绝缘层 30。换句话说,接合绝缘层 30 与绝缘体 32 上的固定部分具有一交界部,该交界部带有与冷却剂层 R 连通的第一冷却剂通道 S1,并且接合绝缘层 30 在内部设置有第二冷却剂通道 S2,使得第一冷却剂通道 S1 与导体 31 的端部,即连接部分 31a 连通。

第二冷却剂通道 S2 具有与第一冷却剂通道 S1 连通的水平部分 S2b,和在端部,即连接部分 31a 处与导体 31 邻接的倾斜部分 S2a。需要注意的是,尽管第一冷却剂通道 S1 具有与导体 31 连通的一个端部,但是仅需要至少与第二冷却剂通道 S2 连通即可。无需使得第一冷却剂通道 S1 与导体

31 连通。

由此，位于电缆芯体 10 外侧的冷却剂层 R 可以使得冷却剂通过第一冷却剂通道 S1 流入第二冷却剂通道 S2 内，从而使得在导体 31 的端部，即连接部分 31a 处产生的热量可以通过第一冷却剂通道 S1 和第二冷却剂通道 S2 扩散至冷却剂层 R，以防止导体连接部 22 过热。

尽管当考虑耐热性、尺寸稳定性以及粘结性时绝缘体 32 上的固定部分最好由环氧树脂制成，但是并不局限于一种特定材料，只要其显现出高的耐热性、随着其发生固化收缩的百分比较小（或者高的尺寸稳定性）以及优越的粘结性即可。还有，树脂单元 32 中的导体 31 可以是一个超导体。

第四实施例。

参照图 5，本实施例提供了一种超导电缆接合结构 55，其包括导体连接套 19，该连接套 19 具有径向外表面，该径向外表面具有螺旋卷绕其上并焊接于其上的超导线 41，来减少热量的产生。接合绝缘层 40 中未设置冷却剂通道。超导线 41 在构造上类似于在图 1C 中示出的超导层 12，并且可以或密或疏地卷绕起来。超导线 41 的相对端部 41a 在超导层 12 处贴靠在电缆芯体 10 上。由此，超导线 41 的相对端部被电连接在两根连接起来的超导电缆 100 每一个中的定径管 11 上。

由此，对置的电缆芯体 10 使它相应的超导层 12 和定径管 11 由装配在外侧的导体连接套 19 连接起来，该导体连接套 19 具有径向外表面，而该径向外表面具有连接于其上的超导线 41。由于超导线 41 的电阻小于导体连接套 19，所以电流会趋于流过导线 41 而并非连接套 19。连接套 19 由此可以产生较少的热量。

尽管在本实施例中超导线 41 被螺旋卷绕，但是导线 41 也可以沿纵向（或者沿着电缆芯体 10 的纵向）简单地设置在导体连接套 19 的径向外表面 19a 上。可选择地，导线 41 可以被简单地嵌入导体连接套 19 中。还有，导线 41 无需使其端部与超导层 12 接触。再有，尽管在本实施例中导线 41 被焊接在超导层 12 上，但是导线 41 也可以简单地随着接合绝缘层 40 的卷绕而嵌入。可选择地，导线 41 可以被径向设置在连接套 19 的内侧。

本实施例中的其余构造类似于第一实施例中的其余构造。

尽管已经结合用于将超导电缆连接在一起的超导电缆接合结构 55 对本实施例进行了描述，但是本发明也适用于将一根超导电缆与一根普通的传

导电缆连接在一起的超导电缆接合结构。

此外，参照图 6，本实施例提供了另外一种超导电缆接合结构 56，其中，如纵向所见分成两个部分的第一冷却剂浸润纸 40A 卷绕并因此覆盖在超导线 41 上，所述超导线 41 被设置在导体连接套 19 的径向外表面 19a 上，并且电缆芯体 10 的外表面与其邻接。还有，第一冷却剂浸润纸 40A 由间隔开的垫圈（未示出）从外侧周向环绕，并且在这些垫圈上卷绕第二冷却剂浸润纸 40B。由此，具有冷却剂通道 S 的接合绝缘层 40' 允许外侧冷却剂层 R 与超导线 41 连通，其中超导线 41 被设置在导体连接套 19 的径向外表面 19a 处。

由此，位于接合绝缘层 40' 外侧的冷却剂可以流入冷却剂通道 S 内。如果导体连接套 19 和超导线 41 产生出热量，那么冷却剂通道 S 允许这些热量扩散至所述冷却剂中。这样可以提供一种抵抗热量的增效的高效途径，因为其与减少热量的效果相互作用，所述的热量减少归因于为连接套 19 提供超导线 14。

第五实施例

参照图 7，本实施例提供了一种超导电缆接合结构 57。更具体地说，对置电缆芯体 10 使它们相互贴靠的定径管 11 被焊接并且由此连接在一起。还有，定径管 11 和超导层 12 具有一个外表面，该外表面带有螺旋卷绕在其周围的超导线 51，并且被焊接或者以类似方式连接在超导层 12 上，来建立电连接。此外，在其径向外侧螺旋卷绕有一层冷却剂浸润纸，来形成一个接合绝缘层 50。

由此，对置的电缆芯体 10 使它们相应的超导层 12 由超导线 51 电连接。利用电阻值较小的电阻可以实现所述电连接，从而使得连接部可以产生较少的热量。还有，由于用于形成电连接的超导线 51 具有较小的刚度，所以具有足够刚度的定径管 11 可以被焊接和连接在一起，从而连接部可以保持恒定的强度。

需要注意的是，尽管在本实施例中超导线 51 被螺旋卷绕，但是超导线 51 也可以被简单地沿纵向置于超导层 12 和定径管 11 的外表面上。还有，尽管在本实施例中导线 51 被焊接在超导层 12 上，但是导线 51 也可以简单地利用卷绕在其周围的接合绝缘层 50 的力而嵌入。

本实施例中的其余构造类似于第一实施例中的其余构造。

还有,参照图 8,本实施例提供了另外一种超导电缆接合结构 58。更具体地说,超导线 51 和与之邻接的电缆芯体 10 具有覆盖了第一冷却剂浸润纸 50A 的外表面,该冷却剂浸润纸 50A 如纵向所见被分成两个部分,并且卷绕在所述外表面的周围。第一冷却剂浸润纸 50A 在外侧周向设置有间隔开的垫圈(未示出),并且在这些垫圈上卷绕有第二冷却剂浸润纸 50B。由此,具有冷却剂通道 S 的接合绝缘层 50'允许外侧冷却剂层 R 与超导线 51 连通。

由此,接合绝缘层 50'外侧的冷却剂可以流入冷却剂通道 S 内。如果超导线 51 产生出热量,那么冷却剂通道 S 允许这些热量扩散至所述冷却剂中。这样可以提供一种抵抗热量的增效的充分途径,这是因为它与减少热量的效果相互作用,所述减少热量的效果归因于采用了超导线 51。

第六实施例

参照图 9,本实施例与第三实施例的不同之处如下:本实施例提供了一种超导电缆接合结构 59,其中对应于普通传导电缆的固定树脂单元 33'具有一个导体 60,该导体 60 带有一个螺旋卷绕在其周围的超导体 61,并且,树脂单元 33'的超导体 61 和电缆芯体 10 的超导层 12 由装配在外侧的导体连接套 19 连接在一起,此外,在导体连接套 19 的外表面上螺旋卷绕有超导线 41。

更具体地说,树脂单元 33'中,由铝或铜制成的导体 60 由螺旋卷绕在其周围的超导体 61 环绕,并且超导体 61 也由绝缘体 32 上的固定部分环绕,其中绝缘体 32 由环氧树脂制成,其横剖面呈偏菱形。绝缘体 32 上的固定部分的一个端部带有阶梯状突伸出来的导体 60 和超导体 61。

导体 60 具有一个在定径管 11 处贴靠在电缆芯体 10 上的端部,并且超导体 61 和超导层 12 由导体连接套 19 连接在一起,该连接套 19 从外侧装配,并且在其径向外表面 19a 上螺旋卷绕有超导线 41,超导线 41 被焊接并且由此连接于其上。

绝缘体 32 上的固定部分的一个端部带有侧表面 32a,该侧表面 32a 设置有周向间隔开的垫圈(未示出),并且卷绕有第一冷却剂浸润纸 30A,以覆盖住带有超导线 41 的导体连接套 19。此外,第一冷却剂浸润纸 30A 由垫圈(未示出)从外侧周向环绕起来,并且在其上卷绕第二冷却剂浸润纸 30B,以形成接合绝缘层 30。由此,接合绝缘层 30 与绝缘体 32 上的固定部

分的交界部 63 带有与冷却剂层 R 连通的第一冷却剂通道 S1，并且接合绝缘层 30 在内部带有第二冷却剂通道 S2，用于使得第一冷却剂通道 S1 与超导线 41 连通。

本实施例中的其余构造类似于第三实施例中的其余构造。

第七实施例

参照图 10，本实施例与第六实施例的不同之处在于，本实施例提供了一种超导电缆接合结构 66，其中固定树脂单元 33' 的导体 60 与电缆芯体 10 的定径管 11 相互贴靠，并且被焊接在一起，而定径管 11、超导体 61 以及超导层 12 具有一外表面，其上螺旋卷绕有超导线 51，超导线 51 被焊接或者以类似方式连接在超导层 12、61 上，以形成电连接。

此外，如同在第三和第六实施例中那样，卷绕第一冷却剂浸润纸 30A 和第二冷却剂浸润纸 30B，来形成具有第二冷却剂通道 S2 和第一冷却剂通道 S1 的接合绝缘层 30。

本实施例中的其余构造与第三实施例中的其余构造相同。

按照本发明，正如通过前面描述所明白的那样，超导电缆的导体连接部在其外侧装配有一个设置有冷却剂通道的接合绝缘层，从而使得在导体连接部所产生的热量可以通过流入所述冷却剂通道内的冷却剂而散失掉，以防止所述导体连接部过热。此外，在所述导体连接部，导体可以由一个装配在外侧并且带有导体连接套的超导线连接在一起，或者直接由超导线连接在一起，以使得所述接合部产生较少的热量。

尽管已经对本发明进行了详细描述和例证，但是应该清醒地认识到，这些内容仅用作例证和示例目的，而并非加以限制，本发明的技术构思和保护范围仅由所附权利要求中的用语加以限定。

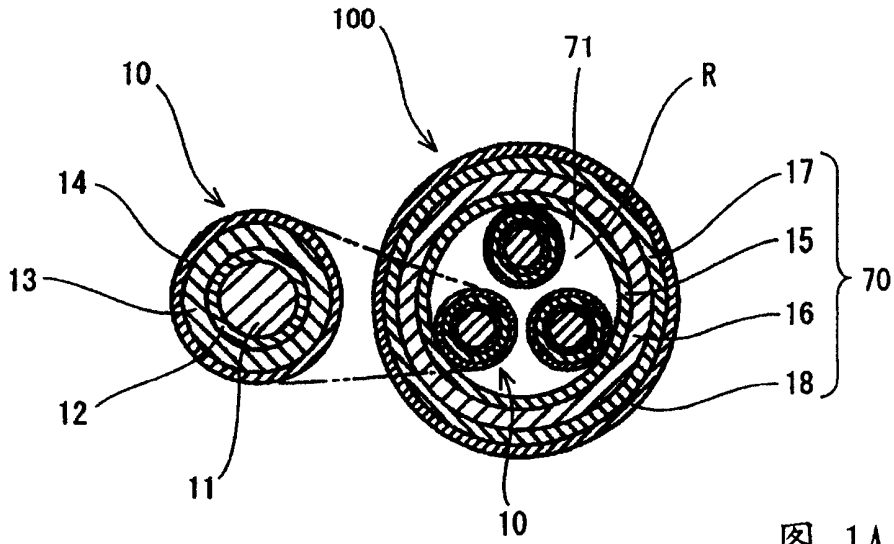


图 1A

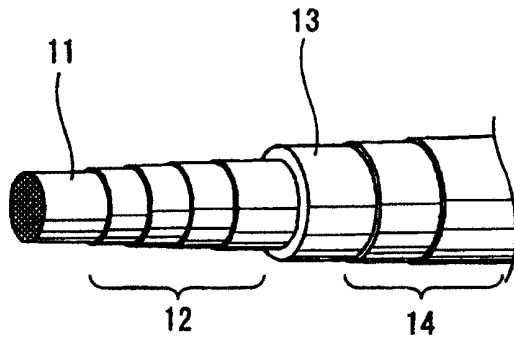


图 1B

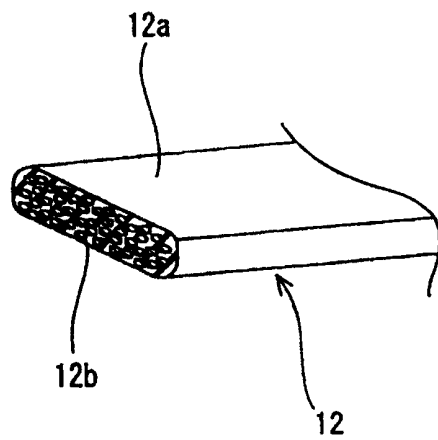


图 1C

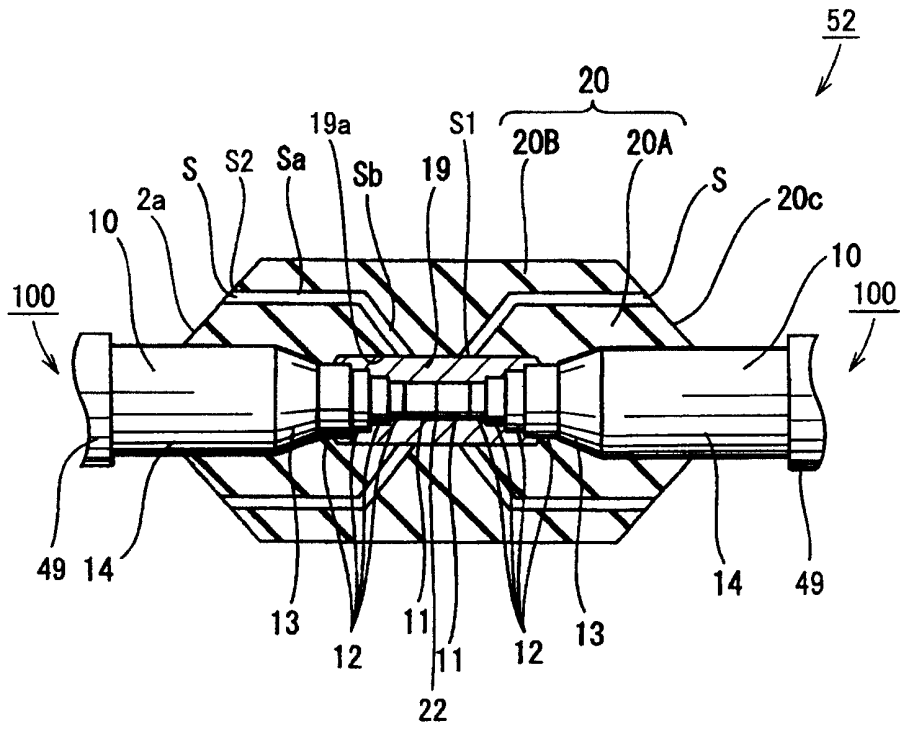


图 2A

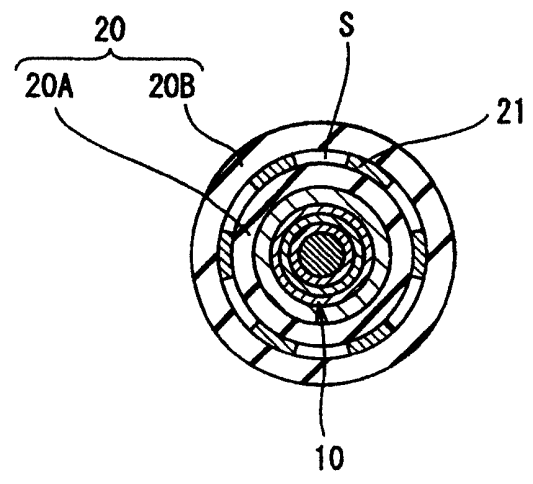


图 2B

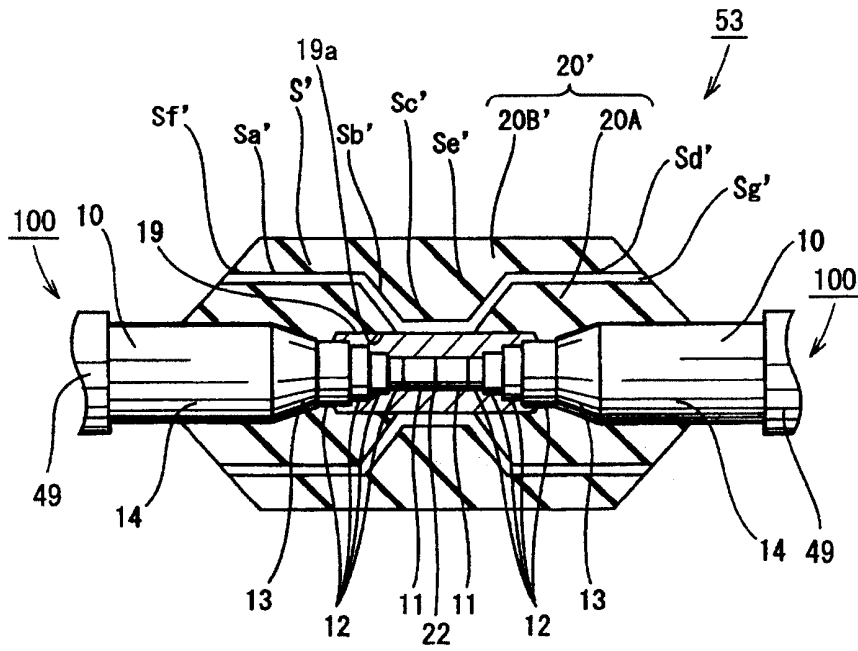


图 3

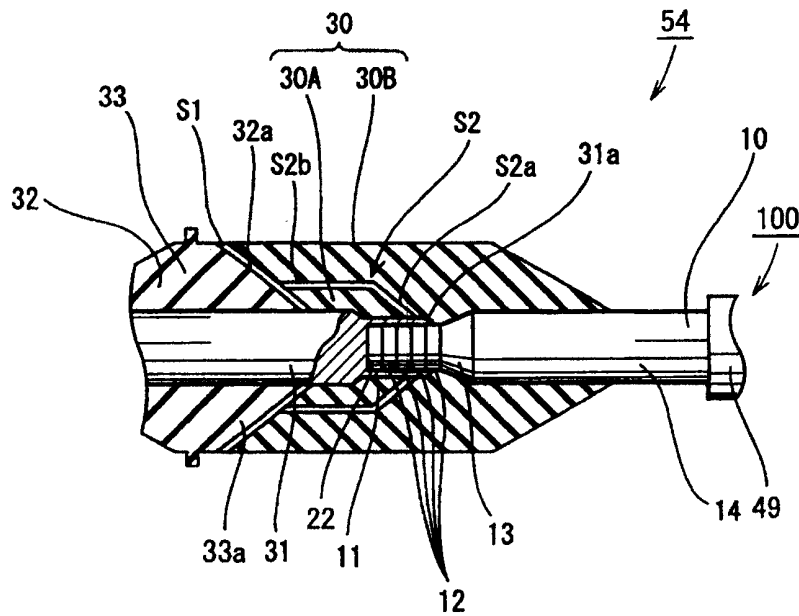


图 4

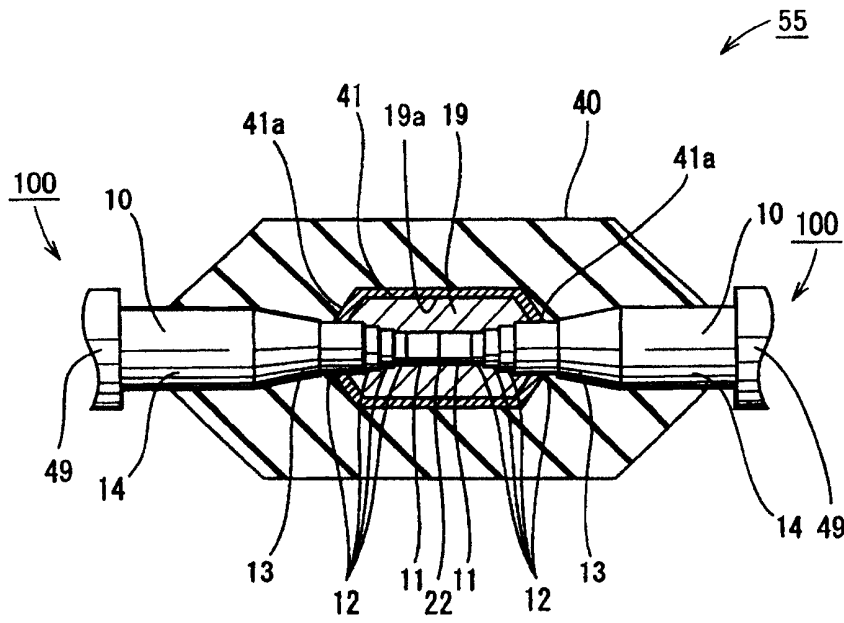


图 5

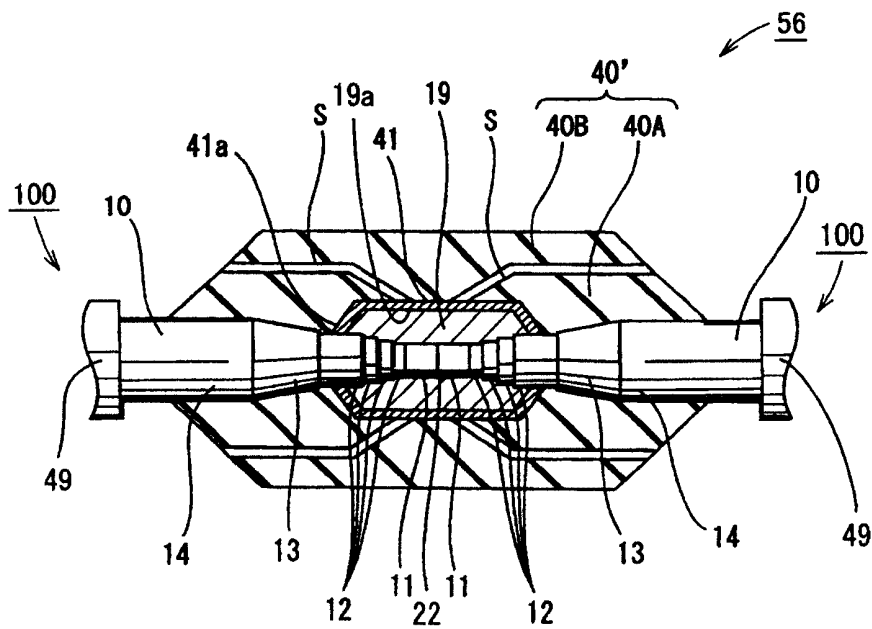


图 6

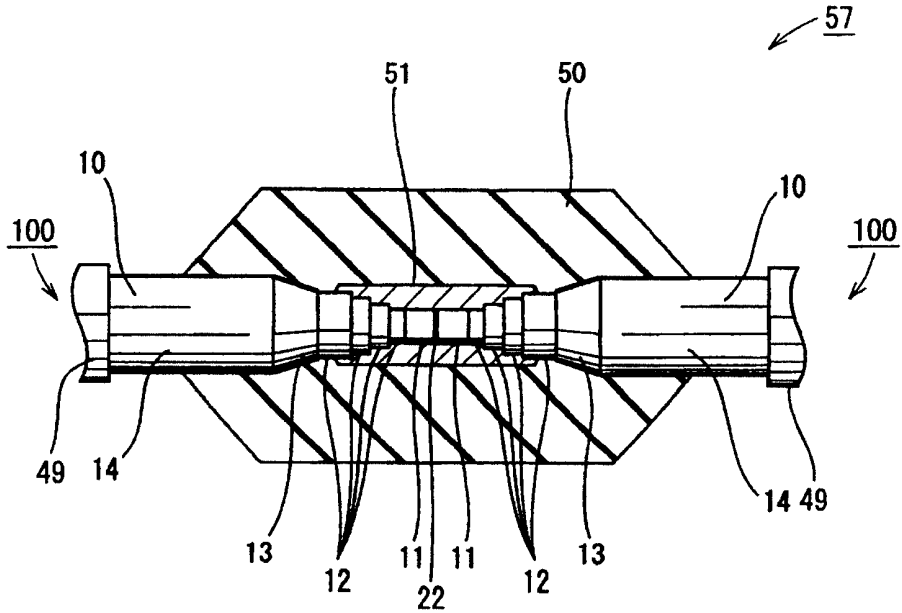


图 7

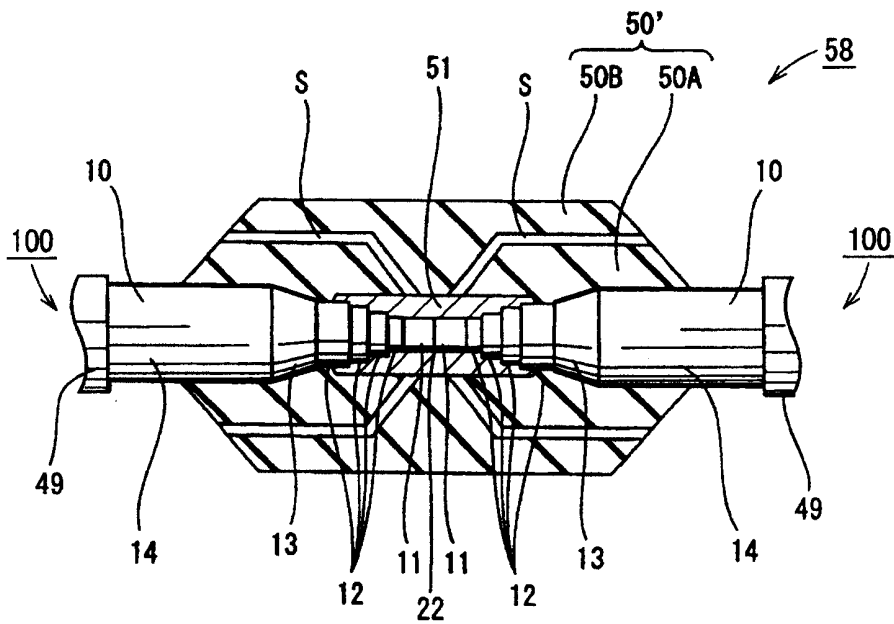


图 8

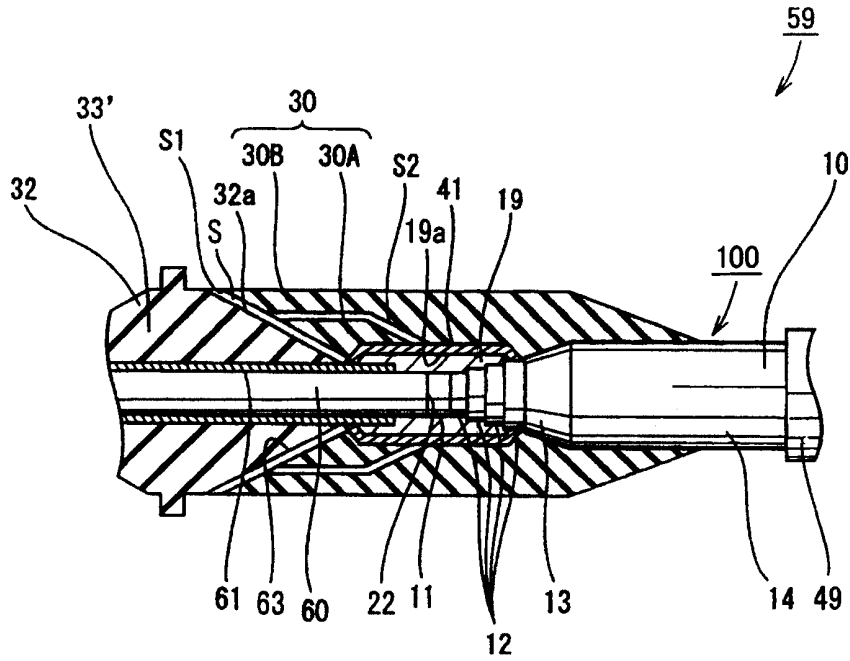


图 9

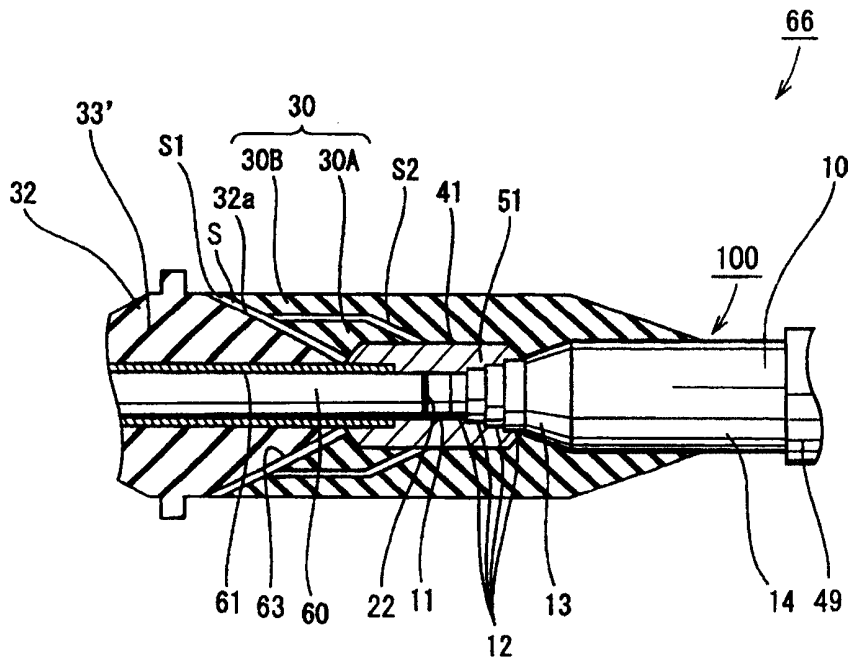


图 10

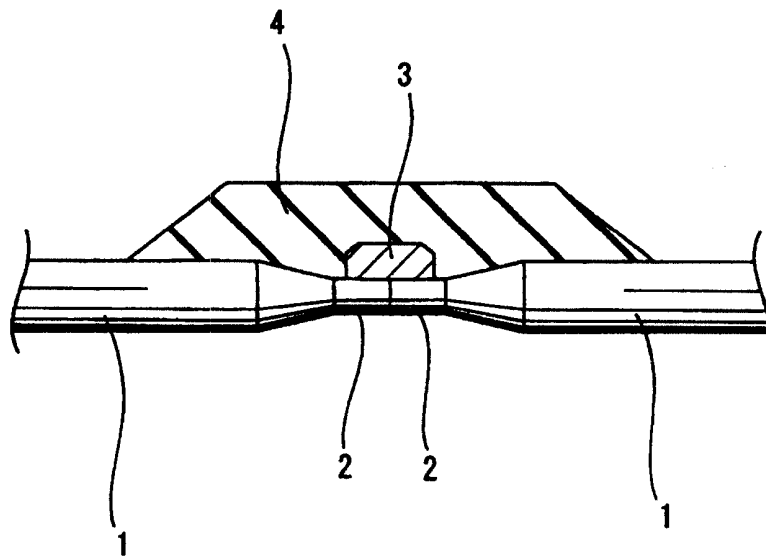


图 11