



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103188904 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 03

(21) 申请号 201210582120. 8

(22) 申请日 2012. 12. 28

(30) 优先权数据

11195885. 6 2011. 12. 28 EP

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 A. 斯克杰特尼 B. J. 维格斯特兰

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
72001

代理人 成城

(51) Int. Cl.

H05K 5/06 (2006. 01)

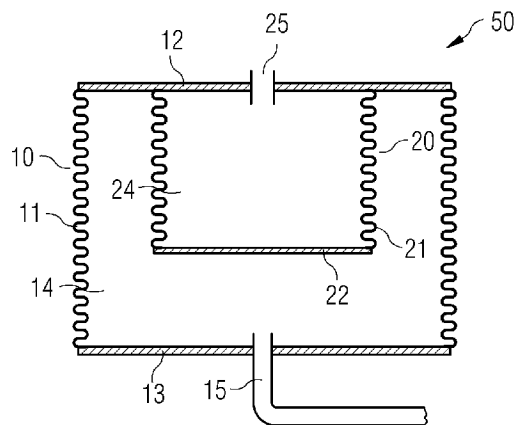
权利要求书2页 说明书8页 附图16页

## (54) 发明名称

海底装置的压力补偿器

## (57) 摘要

本发明涉及海底装置的压力补偿器,其用于执行在围绕所述海底装置的环境介质和填充所述海底装置的容积的液体介质之间的压力补偿。该压力补偿器具有至少一个外部波纹管和被所述外部波纹管封罩的第一腔。其还具有:至少一个内部波纹管,所述内部波纹管被设置在所述第一腔内;以及被所述内部波纹管封罩的第二腔。在所述外部波纹管 and 所述内部波纹管之间限定补偿容积,所述补偿容积提供有与所述海底装置的所述容积的流体连接。



1. 一种海底装置的压力补偿器,用于执行在围绕所述海底装置(80)的环境介质和填充所述海底装置的容积(82)的液体介质之间的压力补偿,该压力补偿器(50)包括:

至少一个外部波纹管(10);

被所述外部波纹管(10)封罩的第一腔;

至少一个内部波纹管(20),所述内部波纹管被设置在所述第一腔内;

被所述内部波纹管(20)封罩的第二腔(24);

在所述外部波纹管(10)和所述内部波纹管(20)之间限定的补偿容积(14);

从所述补偿容积(14)朝向所述海底装置(80)的所述容积(82)的第一流体连接(15),所述第一流体连接(15)被构造成使得所述液体介质能够在所述补偿容积(14)和所述海底装置的所述容积(80)之间流通;以及

与所述第二腔(24)的第二流体连接(25),所述第二流体连接(25)被构造成使得所述环境介质能够流入和流出所述第二腔(24)。

2. 根据权利要求1所述的压力补偿器,其中所述外部波纹管(10)包括外部盖板(12)和具有两个开口的波纹管部分(11),所述波纹管部分(11)在一个开口处被不透液体地密封于所述外部盖板(12)并且在另一开口处被不透液体地密封于安装板(13),该安装板(13)形成所述外部波纹管或所述海底装置的一部分。

3. 根据权利要求2所述的压力补偿器,其中所述内部波纹管(20)包括内部盖板(22)和具有两个开口的波纹管部分(21),其中所述内部波纹管(20)的所述波纹管部分(21)在一个开口处被不透液体地密封于所述内部盖板(22)并且在另一开口处被不透液体地密封于所述安装板(13)或所述外部波纹管(10)的外部盖板(12)中的一者。

4. 根据权利要求3所述的压力补偿器,其中所述内部波纹管的波纹管部分被密封于所述安装板(13),并且其中所述第二流体连接(25)包括在所述安装板(13)内位于所述安装板由所述内部波纹管(20)的波纹管部分(21)包围的区域内一个或更多个开口。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,其中所述外部波纹管(10)包括外部盖板(12),并且其中所述内部波纹管(20)包括被密封于所述外部盖板(12)的波纹管部分(21),其中所述第二流体连接(24)包括在所述外部盖板(12)内位于所述外部盖板由所述内部波纹管(20)的波纹管部分(21)包围的区域内一个或更多个开口。

6. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,其中所述外部波纹管包括波纹管部分,该波纹管部分被不透液体地密封于形成所述外部波纹管或所述海底装置的一部分的安装板(13),其中所述第一流体连接(15)包括通过所述安装板(13)的流体通路。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,其中所述至少一个外部波纹管(10)是成形金属波纹管。

8. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,其中所述至少一个内部波纹管(20)是成形金属波纹管。

9. 根据权利要求7或8所述的压力补偿器,其中所述成形金属波纹管(10、20)包括由金属板材形成为圆筒形形状所制成的且具有波纹的波纹管部分(11、21),所述波纹具有沿所述圆筒形形状的周向方向延伸的波峰。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,其中所述至少一个外部波纹管(10)包括第一外部波纹管(61)和设置在所述第一外部波纹管内的第二外部波纹管(62),

其中所述第一外部波纹管(61)和所述第二外部波纹管(62)限定第一中间容积(63),其中所述第一外部波纹管(61)提供在所述第一中间容积(63)和所述环境介质之间的不透液体密封,并且其中所述第二外部波纹管(62)提供在所述第一中间容积(63)和所述补偿容积(14)之间的不透液体密封。

11. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,其中所述至少一个内部波纹管(20)包括第一内部波纹管(71)和设置在所述第一内部波纹管内的第二内部波纹管(72),其中所述第一内部波纹管(71)和所述第二内部波纹管限定第二中间容积(73),其中所述第一内部波纹管(71)提供在所述第二中间容积(73)和所述补偿容积(14)之间的不透液体密封,并且其中所述第二内部波纹管(72)提供在所述第二中间容积(73)和所述环境介质之间的不透液体密封。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,包括设置在所述第一腔内部的至少两个内部波纹管(20、30),所述两个内部波纹管中的每个封罩一个腔并且包括流体连接(25、35)以使得环境介质能够流入到相应腔内,所述至少两个内部波纹管被设置成彼此相邻。

13. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,还包括:

至少第三波纹管(40),该第三波纹管被设置在所述第二腔(24)内并且封罩第三腔(44),以及

在所述补偿容积(14)和所述第三腔(44)之间的第三流体连接(45),所述第三流体连接被构造成使得所述液体介质能够在所述补偿容积(14)和所述第三腔(44)之间流通。

14. 根据前述权利要求中任一项所述的压力补偿器,其中所述环境介质是海水,其中在所述压力补偿器被安装在海底时所述外部波纹管(10)在其外侧与所述海水接触,并且其中所述第二流体连接(25)被构造成使得海水能够流入所述第二腔(24)内以便当所述压力补偿器被安装在海底时用海水填充所述第二腔。

15. 一种海底装置,包括:

封罩容积(82)的罩(81),该容积(82)被液体介质填充;以及

根据权利要求1-14中任一项所述的压力补偿器(50),所述第一流体连接(15)使得所述液体介质能够在所述罩所封罩的所述容积(82)和所述压力补偿器(50)的所述补偿容积(14)之间流动。

## 海底装置的压力补偿器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及海底装置的压力补偿器,其用于执行在围绕海底装置的环境介质和填充海底装置的容积的液体介质之间的压力补偿。本发明还涉及包括这种压力补偿器的海底装置。

### 背景技术

[0002] 由于能量需求的增加,海上石油和燃气开采逐渐进行到更深水域。为了确保高效且安全的开采,处理设施被安装在海床。这样的海底设施能够包括各种部件,包括泵、压缩机等等以及运行它们的电网。电网可以例如包括海底变压器、海底开关设备和海底变速驱动器。需要保护海底设施的部件以免受周围海水的影响,在海水中能够存在 300 bar 或更大的压力(在 3000m 或更大的安装深度处)。

[0003] 提出了两种方案来处理这些高压。能够提供耐压罩,其封闭出内部大气压力,从而使得能够使用常规的电气和机械部件。因为这样的罩必须承受大的压差,所以它们需要具有相对厚的壁并且因此是巨大且笨重的。

[0004] 另一个方案是使用加压(或压力补偿)罩,其包括容积/压力补偿器,其平衡罩内的压力与周围海水中存在的压力。

[0005] 加压罩通常填充有液体,并且在加压罩内运转的部件被制成可在高压下运转。压力/容积补偿器补偿填充罩的液体的容积变化,这种变化可能由于外部压力和/或温度的变化而产生。能够通过内部加热,例如由于电损耗,来导致温度改变。

[0006] 压力补偿器可以包括金属波纹管、橡胶波纹管、活塞或类似物。波纹管会具有如下缺点,即它们或者制造昂贵,或者其构造使得波纹管的行程长度受限。在后一情况下,用于大容积液体的压力补偿器也需要大容积。对于一些波纹管类型而言,波纹管需要具有大于被补偿容积的尺寸三倍的尺寸。这导致了补偿器系统的低容积利用率。此外,填充这样的压力补偿器的液体自身必须被补偿。这样的补偿器系统因此会是相对大且重的。

[0007] 在文献 W02010/034880A1 中,公开了一种压力补偿器,其具有被第二波纹管腔围绕的第一波纹管腔,第二波纹管腔绕第一波纹管腔形成闭合中间空间。因此获得了双重屏障来抵抗海水入侵,不过压力补偿能力与仅提供第一波纹管腔本身时相同。

[0008] 文献 W02011/088840A1 公开了一种压力补偿系统,其实现了抵抗海水入侵的双重屏障。

[0009] 理想的是提供一种用于海底装置的压力补偿器,其能够被容易地制造且具有成本效益。进一步理想的是,压力补偿器在运转期间提供安全性并且具有长的使用寿命。理想的是减少压力补偿器的尺寸并且增加利用率。

### 发明内容

[0010] 因此,需要避免上述至少一些缺点并且提供海底使用的改进的压力补偿器。

[0011] 通过独立权利要求的特征来满足该需求。从属权利要求描述了本发明的实施例。

[0012] 本发明的实施例提供一种海底装置的压力补偿器,其用于执行在围绕海底装置的环境介质和填充海底装置的容积的液体介质之间的压力补偿。压力补偿器包括:至少一个外部波纹管;被外部波纹管封罩的第一腔;至少一个内部波纹管,所述内部波纹管被设置在第一腔内;以及,被内部波纹管封罩的第二腔。在外部波纹管和内部波纹管之间,限定补偿容积。压力补偿器还包括从补偿容积朝向海底装置的容积的第一流体连接,第一流体连接被构造使得在压力补偿器被安装在海底装置上时液体介质能够在补偿容积和海底装置的容积之间流通。还提供与第二腔的第二流体连接,第二流体连接被构造使得当压力补偿器被安装在海底装置上且浸没在水下时环境介质能够流入和流出第二腔。

[0013] 在这种构造中,外部波纹管和内部波纹管被设置成使得外部波纹管的扩张和内部波纹管的压缩将导致补偿容积的容积增加。与仅具有相同尺寸外部波纹管的压力补偿器相比,该压力补偿器因此可以实现补偿容积的更大容积变化。此外,减少了液体介质的静容积/死容积,这是因为能够使用环境介质,具体地使用海水,通过第二流体连接填充第二腔,使得压力补偿器的利用率能够增加。因为波纹管是柔性的并且能够扩张/收缩,因此环境介质和液体介质之间的压力差能够被补偿,即在补偿容积内能够平衡环境介质和液体介质的压力。

[0014] 在实施例中,第二流体连接在第二腔和压力补偿器的外部之间。

[0015] 在实施例中,外部波纹管包括外部盖板和具有两个开口的波纹管部分。波纹管部分以不透液体方式在一个开口处被密封于外部盖板并且在另一开口处被密封于安装板。安装板可以是外部波纹管的一部分,或者可以是海底装置的一部分。作为示例,可以通过焊接来实现不透液体密封。波纹管部分可以具有圆筒形形状且在顶部和底部具有开口。

[0016] 内部波纹管可以包括内部盖板和具有两个开口的波纹管部分,其中内部波纹管的波纹管部分可以以不透液体方式在一个开口处被密封于内部盖板。在另一开口处,其可以被密封于安装板或外部波纹管的外部盖板。而且,波纹管部分可以具有圆筒形形状且可在其顶部和底部具有开口,并且可以通过焊接实现不透液体密封。

[0017] 压力补偿器的构造可以使得外部盖板和内部盖板沿相应波纹管部分的轴向方向自由运动,外部盖板的运动独立于内部盖板的运动。在这种构造中,能够实现大的补偿容积变化,且同时补偿容积的绝对尺寸能够保持较小。

[0018] 在实施例中,内部波纹管的波纹管部分被密封于安装板,并且第二流体连接包括在安装板内位于安装板的由内部波纹管的波纹管部分包围的区域内一个或更多个开口。所述一个或更多个开口可以例如包括单个开口,该单个开口具有的直径仅稍小于内部波纹管的波纹管部分的直径。因此环境介质能够容易地进入第二腔。

[0019] 在另一实施例中,外部波纹管包括外部盖板,并且内部波纹管包括被密封于外部盖板的波纹管部分,其中第二流体连接包括在外部盖板内位于外部盖板的由内部波纹管的波纹管部分包围的区域内一个或更多个开口。在这种构造中,即使压力补偿器(例如经由安装板)被直接安装到海底装置的罩上,仍能有助于环境介质进入第二腔内。

[0020] 外部波纹管可以包括波纹管部分,波纹管部分被不透液体地密封于形成外部波纹管或海底装置的一部分的安装板,其中第一流体连接包括通过安装板的流体通路。这样,能够例如当安装板形成海底装置的罩的一部分或被直接安装于该罩时有助于海底装置的容积和补偿容积之间的液体介质的流动。

[0021] 流体通路可以包括导管、管道、通道、管、管材或类似件或者由其构成,其包括通过安装板的穿孔以便使得液体能够从中流过。

[0022] 优选地,所述至少一个外部波纹管和 / 或所述至少一个内部波纹管是成形金属波纹管。使用成形金属波纹管可使得压力补偿器坚固并且进一步具有制造的成本效率。借助压力补偿器的该构造,可减轻可能由于成形金属波纹管的有限行程所导致的缺点,因为所述压力补偿器即使在使用具有有限行程的波纹管的情况下仍实现补偿容积的大的改变以及高利用率。

[0023] 成形金属波纹管可以包括波纹管部分,其由金属板材制成且被成形为圆筒形形状并且具有波纹。波纹的波峰可以沿圆筒形形状的周向方向延伸,以便波纹管部分可以沿其轴向方向扩张 / 压缩。因此波纹管可以被称为波纹伸缩管 (corrugated bellows)。

[0024] 在实施例中,所述至少一个外部波纹管包括第一外部波纹管和设置在第一外部波纹管内的第二外部波纹管。第一外部波纹管和第二外部波纹管限定第一中间容积。第一外部波纹管提供在第一中间容积和环境介质之间的不透液体密封,并且第二外部波纹管提供在第一中间容积和补偿容积之间的不透液体密封。在这种构造中,在外部波纹管处可以提供抵抗环境介质的双重屏障。每个外部波纹管能够包括波纹管部分和盖板,两个波纹管部分均被安装到相同安装板。盖板可以被构造为自由运动并且彼此独立。这样,能够用液体填充中间容积,这样抵抗环境介质和补偿容积内的液体介质二者进行压力补偿。

[0025] 类似地,所述至少一个内部波纹管可以包括第一内部波纹管和设置在第一内部波纹管内的第二内部波纹管。第一内部波纹管和第二内部波纹管可以限定第二中间容积。第一内部波纹管可以提供在第二中间容积和补偿容积之间的不透液体密封,并且第二内部波纹管可以提供在第二中间容积和环境介质之间的不透液体密封。每个第一和第二内部波纹管可以包括盖板和波纹管部分,两个波纹管部分均被安装到外部波纹管的相同安装板或外部波纹管(具体地是第二外部波纹管)的盖板。两个内部波纹管的盖板同样可以被构造为自由运动并且彼此独立。因此,提供了当压力补偿器被安装在海底时抵抗可填充第二腔的环境介质的入侵的双重屏障。能够用液体填充第二中间容积,该液体抵抗环境介质且抵抗补偿容积内的液体介质被压力补偿。

[0026] 通过实施上述两种构造,能够实现抵抗环境介质密封补偿容积的完整双重屏障。如果与环境介质接触的波纹管之一失效,环境介质将仅进入中间容积。

[0027] 在实施例中,压力补偿器可以包括设置在第一腔内的至少两个内部波纹管,两个内部波纹管中的每个封罩一个腔并且包括流体连接从而使得环境介质能够流入相应腔内,所述至少两个内部波纹管被设置成彼此相邻。在一些应用中,这样的构造可以进一步增大利用率。

[0028] 压力补偿器可以至少包括第三波纹管,该第三波纹管被设置在第二腔内并且封罩第三腔。第三流体连接可以被提供在补偿容积和第三腔之间,第三流体连接被构造为使得液体介质能够在补偿容积和第三腔之间流通。在这种构造中使用压力补偿器能够实现的补偿容积的容积变化可以更大。当使用具有有限行程的成形金属波纹管时,这是特别有利的。

[0029] 环境介质可以是海水,并且在压力补偿器被安装在海底时外部波纹管可以在其外侧与海水接触。第二流体通路可以被构造为使得海水能够流入第二腔内以便当压力补偿器被安装在海底时用海水填充第二腔。可以使用液体,具体地使用电介质液体,例如油,来填

充补偿容积。

[0030] 另一实施例提供一种海底装置,其包括封罩容积的罩,该容积被液体介质填充,以及上述任意构造的压力补偿器。压力补偿器的第一流体连接使得液体介质能够在罩所封罩的容积和压力补偿器的补偿容积之间流动。具体地,当使用具有成形金属波纹管的压力补偿器的构造时,能够以具有成本效率的方式实现海底装置的容积的压力补偿且同时能够减小压力补偿器的死容积的尺寸。

[0031] 压力补偿器的外部波纹管的波纹管部分可以具有圆筒形形状,其直径范围在大约 0.5m 至大约 2.5m 之间。在未压缩 / 未伸展状态,波纹管部分可以进一步具有在大约 0.5m 至大约 2.5m 之间的高度。内部波纹管可以被定尺寸为使得内部波纹管封罩的容积与外部波纹管封罩的容积之比处于大约 0.3 至大约 0.9 的范围内。

[0032] 除非另有说明,否则上述本发明实施例的特征以及其他在下文解释的特征能够彼此结合。

### 附图说明

[0033] 结合附图从下述具体描述中进一步看出本发明的上述和其他特征和优点。在附图中,同样的附图标记指代同样的元件。

[0034] 图 1 是示出联接到海底装置的容积的现有技术压力补偿器的示意图。

[0035] 图 2 是示出根据本发明实施例的压力补偿器的示意图。

[0036] 图 3 是示出根据另一实施例的压力补偿器的示意图。

[0037] 图 4A 和图 4B 是示出根据本发明实施例的压力补偿器的示意图,其中提供了彼此相邻设置的两个内部波纹管。

[0038] 图 5A 和图 5B 是示出根据本发明实施例的压力补偿器的示意图,其中第三波纹管被设置在内部波纹管内。

[0039] 图 6 是示出根据实施例的压力补偿器的示意图,其具有抵抗环境介质的双重屏障。

[0040] 图 7A、图 7B 和图 7C 是示出根据实施例的压力补偿期间压力补偿器的不同状态的示意图。

[0041] 图 8A 和图 8B 是示出压力补偿器的立体图和立体剖视图的示意图,其是图 2 实施例的具体实施方式。

[0042] 图 9A 和图 9B 是分别示出了图 3 实施例的压力补偿器的具体实施方式的立体图和剖视立体图的示意图。

[0043] 图 10 是示出包括根据本发明实施例的压力补偿器的海底装置的示意图。

### 具体实施方式

[0044] 在下文中,更具体地描述了附图中所示的实施例。应该明白,下述说明仅是示意性的并非限制性的。附图仅是示意性图示,并且附图中的要素不必要彼此成比例。

[0045] 图 1 示出了包括常规压力补偿器 101 的海底系统 100。现有技术压力补偿器 101 由单个波纹管构成,其限定了补偿容积,该补偿容积经由管 103 连接到海底罩 102 的内部容积。具体地,当在压力补偿器 101 内使用成形金属波纹管时,波纹管的行程相当有限,导致

针对压力补偿器所实现的给定容积变化,压力补偿器 101 具有较大绝对容积。因此,压力补偿器 101 需要大量空间并且由于其尺寸原因,其相当重。其需要被填充大容积的液体,其本身需要针对容积变化被补偿。具体地,由于补偿器的低利用率的原因,因此压力补偿器 101 的波纹管会需要具有比罩 102 内的被补偿容积的三倍更大的尺寸。关于压力补偿器的总容积的利用率可以被定义成可实现的容积变化的比。

[0046] 图 2 示出了根据本发明实施例的压力补偿器 50 的侧剖视图。压力补偿器 50 包括第一波纹管 10,该第一波纹管 10 包括波纹管部分 11,该波纹管部分 11 的上部被密封于盖板 12 并且其下部被密封于安装板 13。可以通过将波纹管部分 11 焊接到相应板来提供不透液体密封。在安装板 13 内,提供第一流体连接 15。流体连接 15 提供在外部波纹管 10 封罩的容积和海底装置的罩所封罩的容积之间的流体连通,压力补偿器 50 为此提供容积/压力补偿。第一流体连接 15 可以简单的贯通连接,即:安装板 13 的穿孔,或者其可以包括管、管子、管道、通道、导管或类似件。

[0047] 压力补偿器 50 还包括内部波纹管 20,其被设置在由外部波纹管 10 封罩的腔内。内部波纹管 20 包括波纹管部分 21,其被密封于内部波纹管 20 的内部盖板 22 且被密封于外部波纹管 10 的外部盖板 12。同样可以通过焊接来获得波纹管部分 21 和相应盖板之间的不透液体密封。

[0048] 在内部波纹管 20 封罩的第二腔 24 和压力补偿器 50 的外侧之间提供第二流体连接 25。第二流体连接 25 被构造成使得围绕压力补偿器 50 的环境介质(例如海水)能够通过第二连接 25 进入第二腔 24 内。由于在波纹管部分 21 的周界处提供的不透液体密封,海水不能进入被限定在内部波纹管 20 和外部波纹管 10 之间的补偿容积 14 内。

[0049] 外部波纹管 10 封罩第一腔,其中设置内部波纹管 20。由于在外部波纹管部分 11 和内部波纹管部分 21 的周界处提供的不透液体密封的原因,在相应的波纹管部分、外部盖板 12、内部盖板 22 和安装板 13 之间限定了容积。这种被限定的补偿容积 14 可用于压力补偿,其能够通过外部和内部波纹管的伸长和压缩而显著变化。使用液体,具体使用电介质液体来填充补偿容积 14,该液体能够经由第一流体连接 15 进入和流出补偿容积 14。诸如海水的环境介质不能够进入补偿容积 14。

[0050] 海底装置的罩封罩其内可以设置例如电气部件的容积。该容积与补偿容积 14 经由第一流体连接 15 流体连通。如果海底罩的这个容积内的液体例如由于温度上升而膨胀,则该液体能够进入补偿容积 14。通过外部波纹管 10 的膨胀和/或内部波纹管 20 的压缩,补偿容积 14 增大,以便压力补偿器 50 能够获取附加液体而不会导致压力的显著增加。在另一示例中,如果围绕压力补偿器 50 的环境压力增加,例如当将安装有压力补偿器 50 的海底装置安装在较大水深时,液体的容积将由于压力增加以及/或者由于温度减小而减小。能够通过外部波纹管 10 的压缩和内部波纹管 20 的伸长来补偿液体的容积减小,从而导致减小的补偿容积 14。借助柔性的波纹管部分 11、21,环境介质的任意压力变化均直接传导到液体填充的补偿容积 14,以便液体的压力平衡于环境介质的压力。注意到,在补偿容积 14 内可以保持少量过压,例如通过偏置(预加载)波纹管等。例如可以通过盖板的重量、通过向波纹管施加力的弹簧、通过使用波纹管作为弹簧或者通过任意其他手段来产生偏置。少量过压将防止环境介质进入海底装置的容积,因为液体的少量过压将导致液体通过任何泄漏被推出。这还有助于探测泄漏。



[0051] 在图 2 的设置中,压力补偿器 50 具有内部波纹管 and 外部波纹管二者的补偿能力,而不需要除了外部波纹管 10 本身之外的更大空间。而且,补偿容积 14 内所需的液体容积相对较小,同时能产生相对较大的容积改变。图 2 的压力补偿器 50 因此能够使用成形金属波纹管,其制造简单且具有成本效率,同时针对海底装置的特定容积所需的压力补偿器的总体尺寸能够保持相对较小。

[0052] 在这里描述的实施例中,外部波纹管 10 和内部波纹管 20 是成形金属波纹管,不过应该意识到所述构造还可以用于其他波纹管类型。

[0053] 可以通过使用金属板材且其周界边缘被焊接在一起以形成圆筒来制造成形金属波纹管 10、20。可以通过液压成形金属板材或圆筒来获得对应的波纹管部分,例如通过针对波纹管部分的所需形状使用模板来实现。另一种可能是使用滚压技术,其中金属圆筒被机械变形从而形成波纹管部分的波纹。能够根据金属圆筒的直径来决定波纹是通过液压成形还是通过滚压来提供。对于较大直径,例如大于 1200mm 的直径,可以通过滚压来形成波纹,而低于这个直径可以液压成形所述波纹。

[0054] 因此,成形波纹管还可以被称为波纹伸缩管。相比于通过焊接来形成波纹的被焊接的波纹管,波纹伸缩管在海底应用中能够更可靠,它们更不易于被侵蚀并且在反复的压缩/伸长循环期间具有更长的预期寿命。

[0055] 成形金属波纹管可以具有在其各自长度的大约 10% 至大约 20% 之间的行程长度,从而得到在大约 20% 至大约 40% 之间的总行程长度。例如,由于其操作相对性,波纹管可以各拉伸或压缩 15%。成形金属波纹管的固有弹性常数可以用于产生在补偿容积 14 内部的上述的少量过压。

[0056] 压力补偿器 50 的外部波纹管可以例如具有在大约 0.5m 至大约 2.5m 之间的直径。注意到这些仅是示例,并且可以提供具有其他直径波纹管的压力补偿器。

[0057] 其余附图示出了压力补偿器 50 的变型,其在下文中被更具体地阐述。因而,以上论述和解释同等地应用于下述实施例。

[0058] 在图 3 的实施例中,内部波纹管 20 没有被密封到盖板 12,而是被密封到安装板 13。因此,在安装板 13 内提供第二流体连接 25。第二流体连接 25 现在处于压力补偿器 50 的下侧,其能够对于压力补偿器 50 被连接朝向的海底装置的某些构造有利。

[0059] 图 4A 和图 4B 示出了压力补偿器 50 的实施例,其中提供两个内部波纹管 20、30 且其彼此相邻。在图 4A 中,两个内部波纹管 20、30 被密封于外部波纹管 10 的外部盖板 12。对于每个内部波纹管 20、30,提供第二流体连接 25、35。每个内部波纹管还包括其自身的内部盖板 22、32,其能够独立于彼此运动。应该明白,可以以其他构造提供多于两个,例如三个、四个、五个等等的内部波纹管。

[0060] 在图 4B 中,两个内部波纹管 20、30 被密封于安装板 13。因此,该构造类似于图 3 的构造,不过具有两个内部波纹管。应该明白,这种构造还可以具有多于两个的内部波纹管并且图 4a 和图 4b 的构造可以结合,例如通过使得一个或更多个波纹管密封于盖板 12 并且使得一个或更多个波纹管密封于安装板 13。

[0061] 在图 5a 和图 5b 的构造中,压力补偿器 50 还包括第三波纹管 40,其被设置在由内部波纹管 20 封罩的腔 24 内。此外,在第三波纹管 40 封罩的腔 44 和补偿容积 14 之间提供第三流体连接 45。在图 5a 和图 5b 的两种实施例中,第三波纹管 40 被密封于内部波纹管

20 的内部盖板 22 且在盖板 22 内以开口形式提供第三流体连接 45。图 5a 的构造对应于图 2 的构造,而图 5b 的构造对应于图 3 的构造。在两种构造中,第三波纹管 40 还增加了借助于压力补偿器 50 所能实现的容积变化。这是由于压缩或延伸第三波纹管 40 的可能性造成的,因而增加或减小了第三波纹管封罩的腔的容积。因为该腔与补偿容积 14 流体连通,所以其允许填充补偿容积 14 和海底装置的容积的液体具有较大容积变化。

[0062] 图 6 示出了一种实施例,其构造对应于图 3 的构造。在图 6 的实施例中,实现了双重屏障设计。外部波纹管 10 包括第一外部波纹管 61 和第二外部波纹管 62,其各自具有波纹管部分和外部盖板。在这些波纹管部分、外部盖板和安装板 13 之间限定外部中间容积 63。其密封于补偿容积 14 并且密封于围绕压力补偿器 50 的环境介质。类似地,内部波纹管 20 包括第一内部波纹管 71 和第二内部波纹管 72。第二内部波纹管 72 被设置在第一内部波纹管 71 内,每个波纹管包括内部盖板。在内部盖板和第一、第二内部波纹管 71、72 的波纹管部分以及安装板 13 之间,限定了内部中间容积 73。

[0063] 补偿容积 14 内的液体现在被双重屏障保护免于接触围绕压力补偿器 50 的环境介质或者可进入内部波纹管 20 的第二腔 24 的环境介质。通过第一内部波纹管 61 或第二内部波纹管 72 泄漏的环境介质因此相应地将被限制在外部中间容积 63 或内部中间容积 73 内,并且不会进入补偿容积 14。应该清楚,这样的双重屏障构造还可以在上述或下文进一步所述的任意其他实施例中提供。

[0064] 图 7a 至图 7c 相对于图 3 的构造示出了压力补偿器 50 的操作。图 7a 示出了平衡操作状态,其可以例如实现于包括压力补偿器 50 的海底装置被安装在海底处于标称操作深度时。内部波纹管 20 和外部波纹管 10 均具有被压缩或拉伸的能力,并且补偿容积 14 内的液体相比于围绕压力补偿器 50 并进入第二腔 24 的海水(SW)可以具有少量过压。从图 7a 所示的状态开始,现在在图 7b 中示出环境压力下降或温度增加从而导致海底装置内的液体容积增加的情况。由于容积膨胀,所以液体通过第一流体连接 15 进入补偿容积 14,其导致外部波纹管 10 的拉伸并且导致内部波纹管 20 的压缩,如箭头所示。随着第二腔 24 的容积减小,海水通过第二流体连接 25 被推出。

[0065] 补偿容积 14 内部的液体压力沿箭头方向向外部盖板和内部盖板施加力,这通过环境介质的压力施加给这些板的力来平衡。因此,压力补偿器 50 在环境介质的压力和补偿容积 14 内的压力(如果提供上述偏压加载的压力则除去该偏压加载的压力)之间提供压力平衡。因为通过补偿液体的容积差来实现压力平衡,所以压力补偿器 50 还可以被称为“容积补偿器”。

[0066] 在图 7c 中,示出了海底装置内的液体容积减小的情况,这例如是由于环境压力的增加或者是由于液体温度的减小。因此,液体从补偿容积 14 通过第一流体连接 15 流入海底装置的容积。相应地,通过如箭头所示外部波纹管 10 的压缩和内部波纹管 20 的扩张来减小补偿容积。内部波纹管 20 的扩张导致海水通过第二流体连接 25 进入第二腔 24。而且,通过改变补偿容积 14,液体压力均衡于环境压力。

[0067] 图 8a 和图 8b 示出了图 2 构造中的压力补偿器 50 的具体实施方式。在图 8a 的立体图中,能够看到第二流体连接 25 包括在外部盖板 12 内的多个开口。此外,第一流体连接 15 以来自安装板 13 的管或软管形式来提供。这还能够从图 8b 的立体剖视图中看出,其更具体地分别示出了外部波纹管 10 和内部波纹管 20 的波纹管部分 11 和 21。在盖板 12 内提

供多个开口有助于环境介质进入内部波纹管 20 的第二腔 24 内。

[0068] 图 9a 和图 9b 示出了图 3 构造中的压力补偿器 50 的具体实施方式。能够从图 9a 的立体图看出,外部盖板 12 不具有开口,其可以例如防止碎屑进入第二腔 24。图 9b 的立体剖视图示出了安装板具有开口从而提供第二流体连接 25。开口被内部波纹管 20 的波纹管部分 21 围绕,其尺寸基本对应于内部波纹管部分 21 的直径。因此环境介质向第二波纹管 20 围绕的第二腔内的流动是基本不受限制的。第一流体连接 15 同样被设置成通过安装板 13,其在图 9 的示例中被实施成管或软管。

[0069] 注意到,在上述所有构造中,通过安装板 13 的穿孔来实现第一流体连接 15,当然还可以想到在其他位置提供第一流体连接,例如通过盖板 12。因为盖板 12 在压力补偿期间运动,所以有利的是在安装板 13 内提供第一流体连接。

[0070] 图 10 示出了根据本发明实施例的海底装置 80。海底装置 80 包括封罩容积 82 的罩 81,使用液体,具体地电介质液体来填充该容积 82。电气部件 83 浸没在液体填充的容积 82 内。海底装置 80 还包括压力补偿器 50。注意到虽然在图 10 中压力补偿器 50 具有如图 2 所示的构造,不过这里描述的任意压力补偿器 50 的构造可以用于海底装置 80 内。容积 82 中的液体能够通过第一流体连接 15 进入压力补偿器 50 的补偿容积 14。当被安装在海底时围绕海底装置 80 的环境介质 90 (具体地海水)能够经由第二流体连接 25 进入内部波纹管 20 的第二腔 24。

[0071] 安装板 13 能够是金属板,其是压力补偿器 50 的一部分,具体地是外部波纹管 10 的一部分。在其他构造中,安装板 13 可以是海底装置 80 的罩 81 的一部分,其可以具体地是罩 81 的壁。在一些构造中,因此可例如通过将安装板 13 栓接或焊接到壁上而将安装板 13 安装到罩 81 的壁,而在另一些构造中,波纹管部分 11 可以被直接焊接到罩 81 的壁。

[0072] 第一流体连接 15 可以是安装板 13 和罩 81 的相应壁内的简单开口,即通过材料层将补偿容积 14 分离于容积 82 的穿孔。如上所述,其他实施例可以使用管或管材将补偿容积 14 连接到容积 82。

[0073] 在操作中,安装板 13 是大体静止的,因为其被安装到海底装置的罩,而盖板在容积补偿期间运动。外部盖板 12 和内部盖板 22 独立于彼此运动,并且在操作期间大体沿相反方向运动,如参考图 7a 至图 7c 所表明的。

[0074] 上述实施例提供一种压力补偿器,其制造具有成本效率且同时提供高利用率并且仅具有有限尺寸和重量。压力补偿器的利用率可以增加到大约 60% 或更多。同时能够减少未使用液体的体积。由于成形金属波纹管能够应用到压力补偿器中,因此对侵蚀的抵抗性和延长的使用寿命是所能实现的进一步优点。

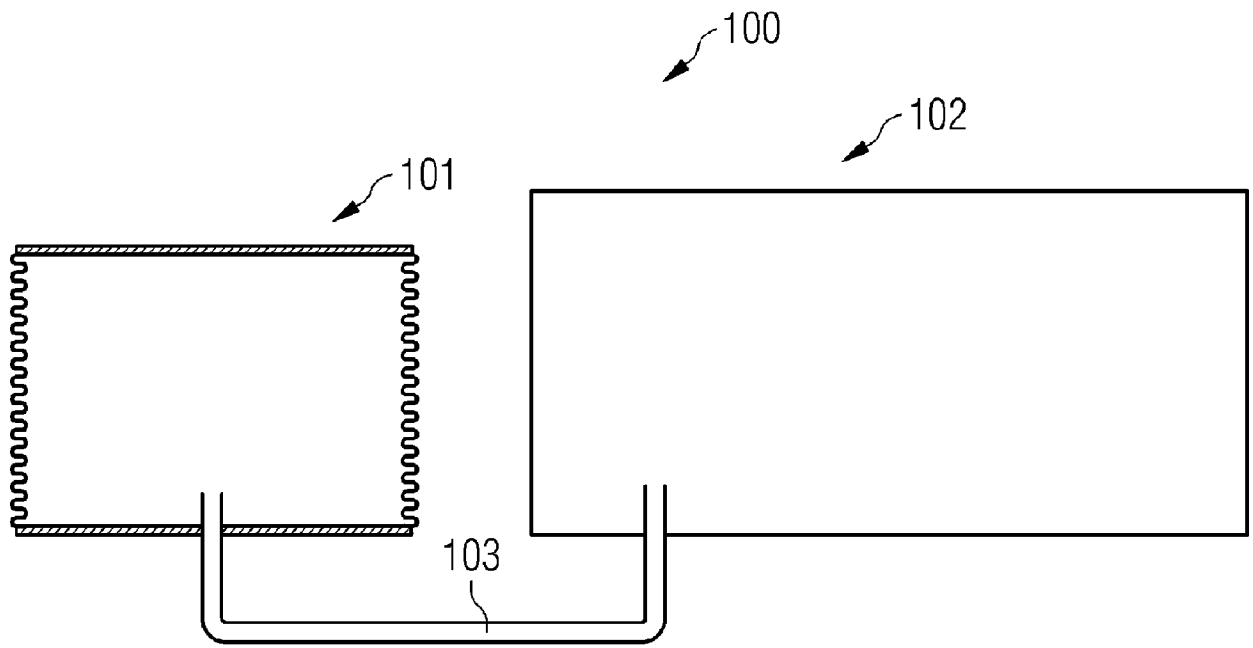


图 1(现有技术)

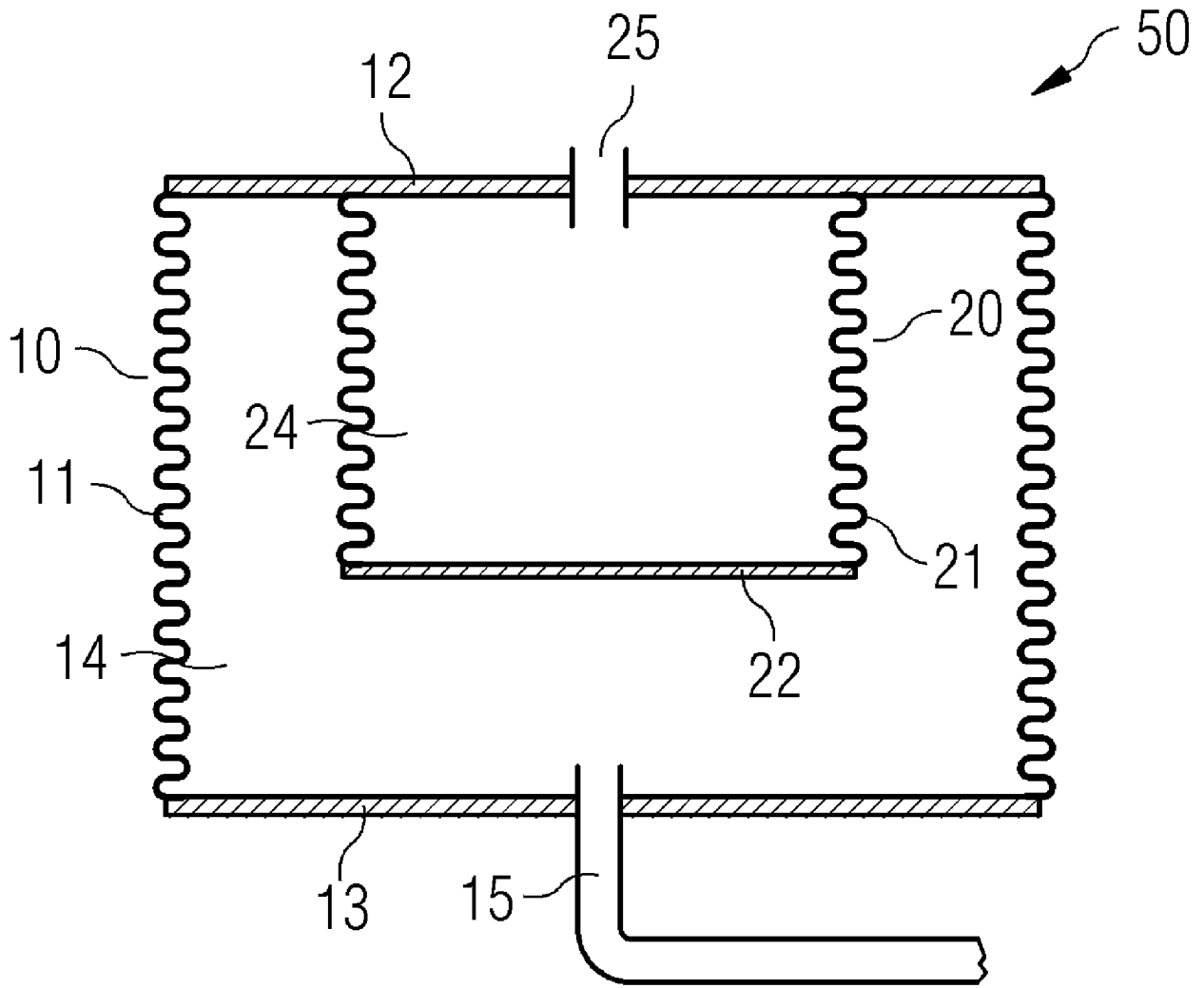


图 2

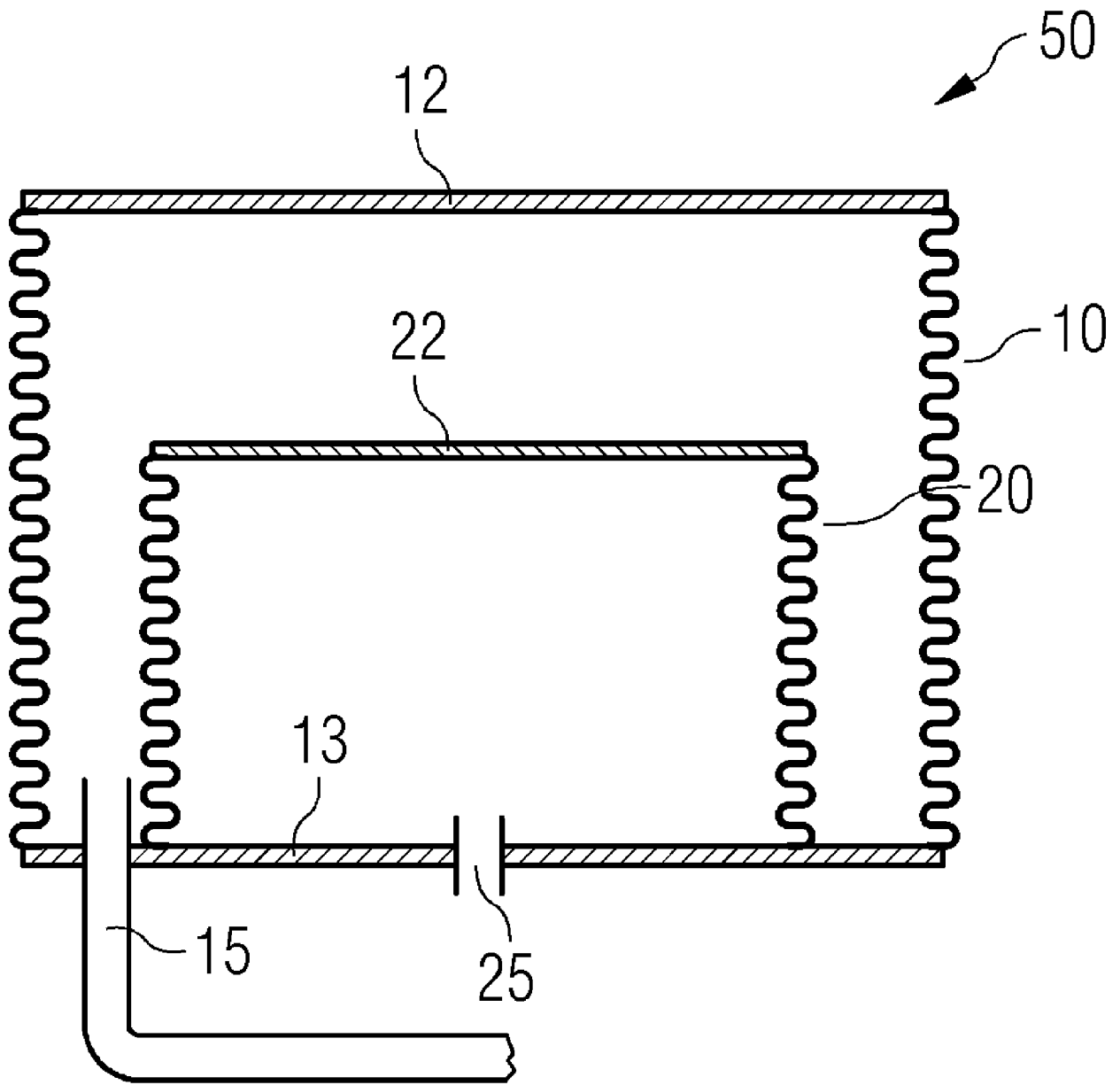


图 3

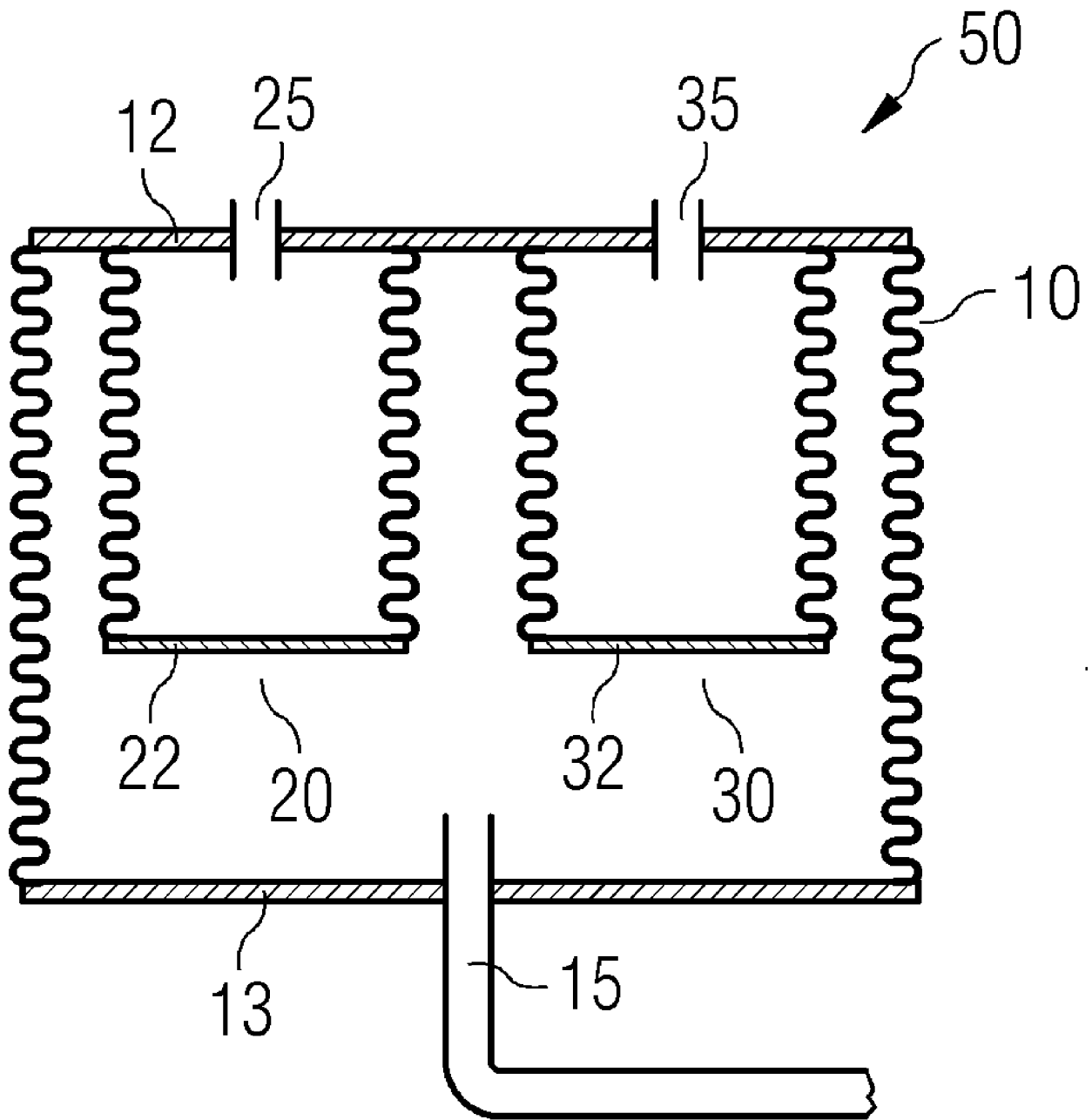


图 4A

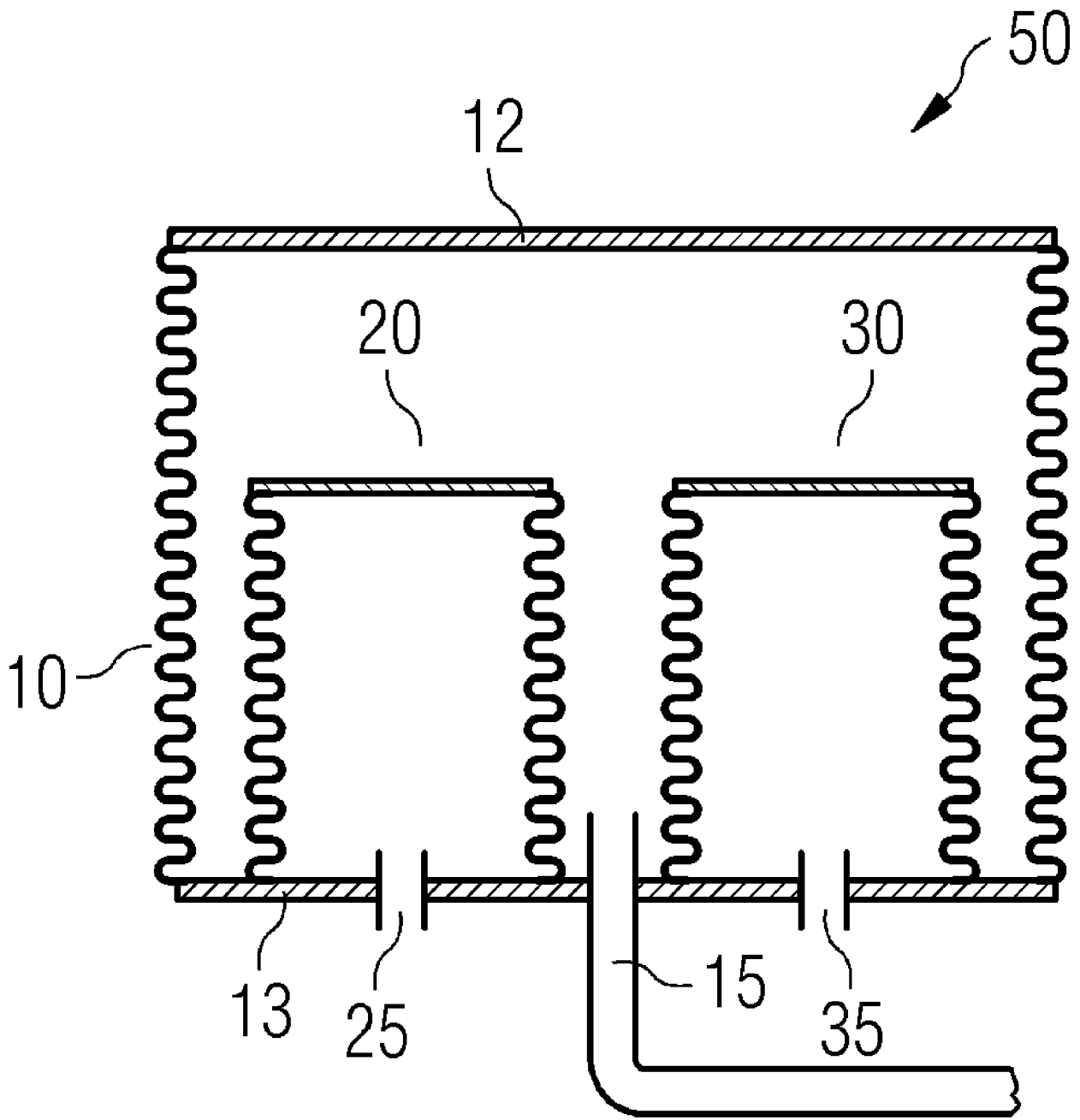


图 4B



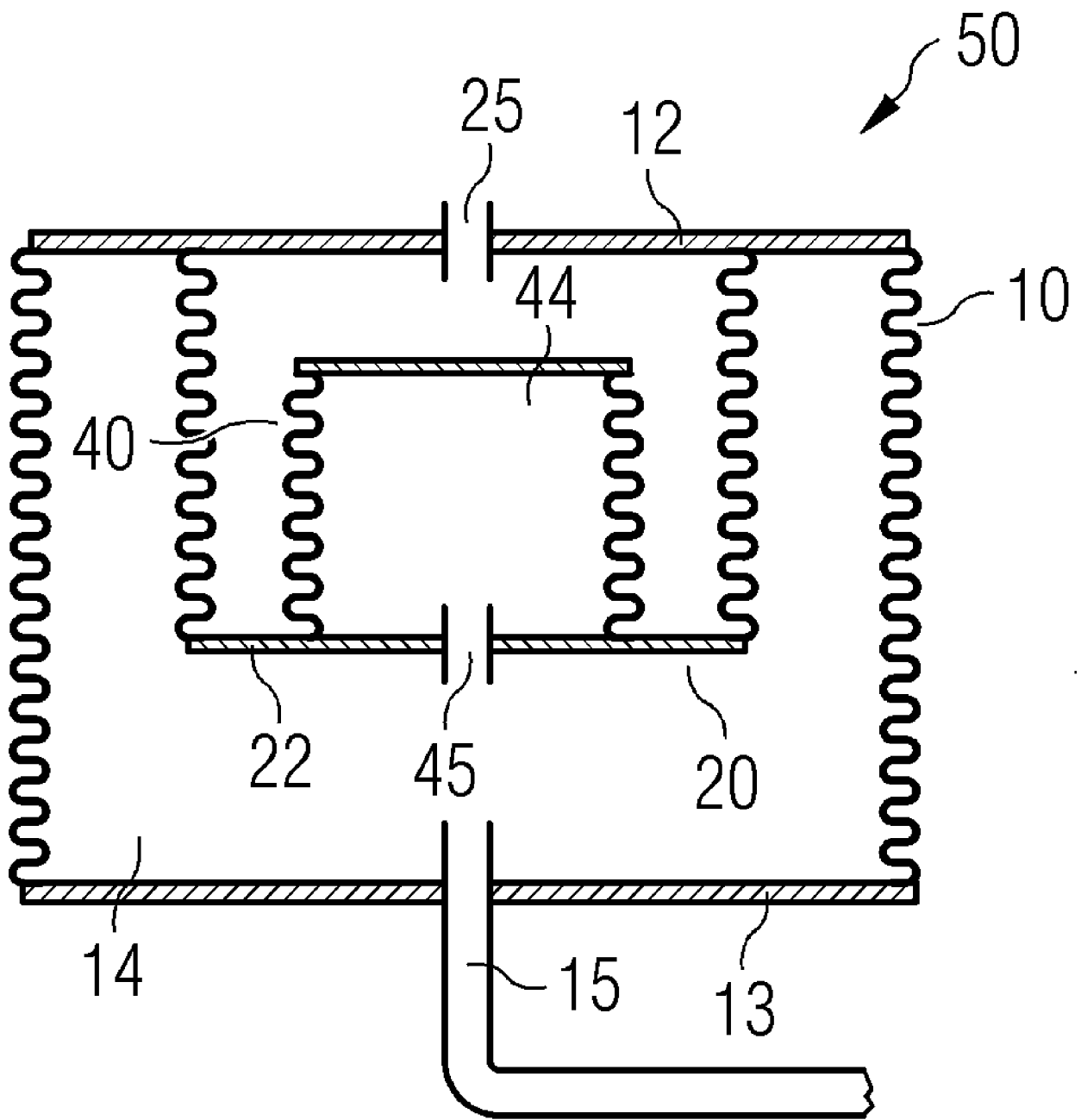


图 5A

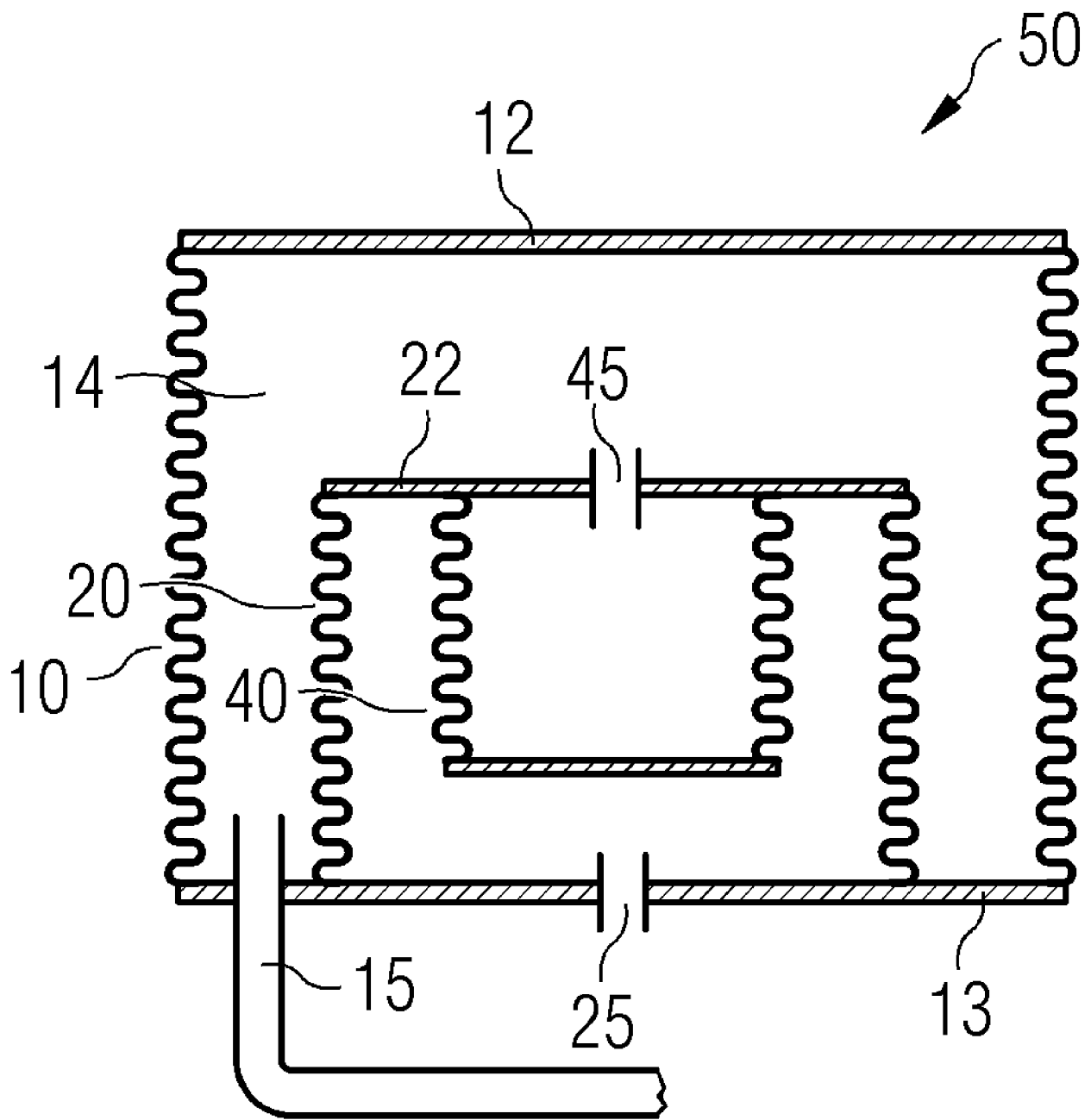


图 5B

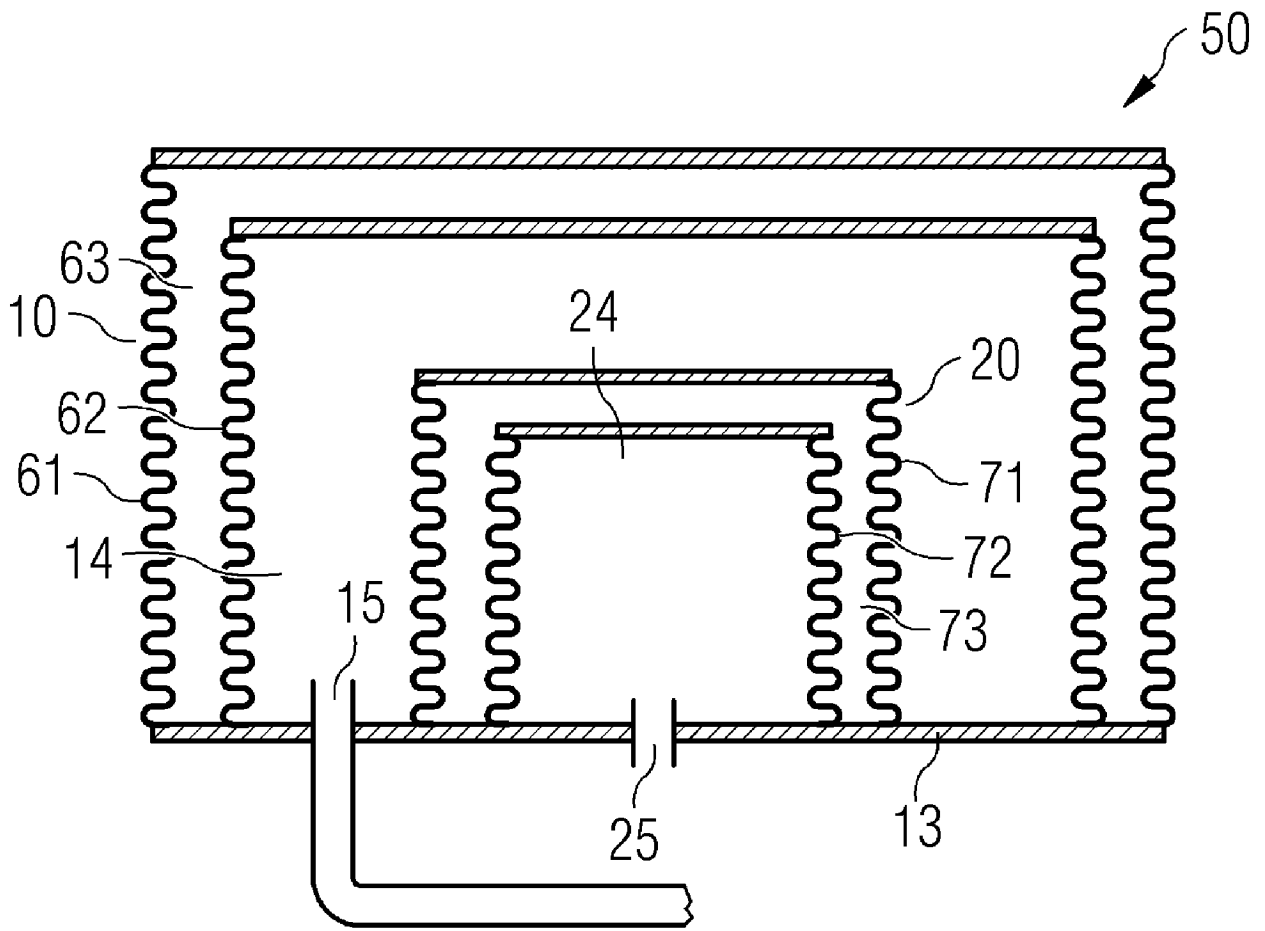


图 6

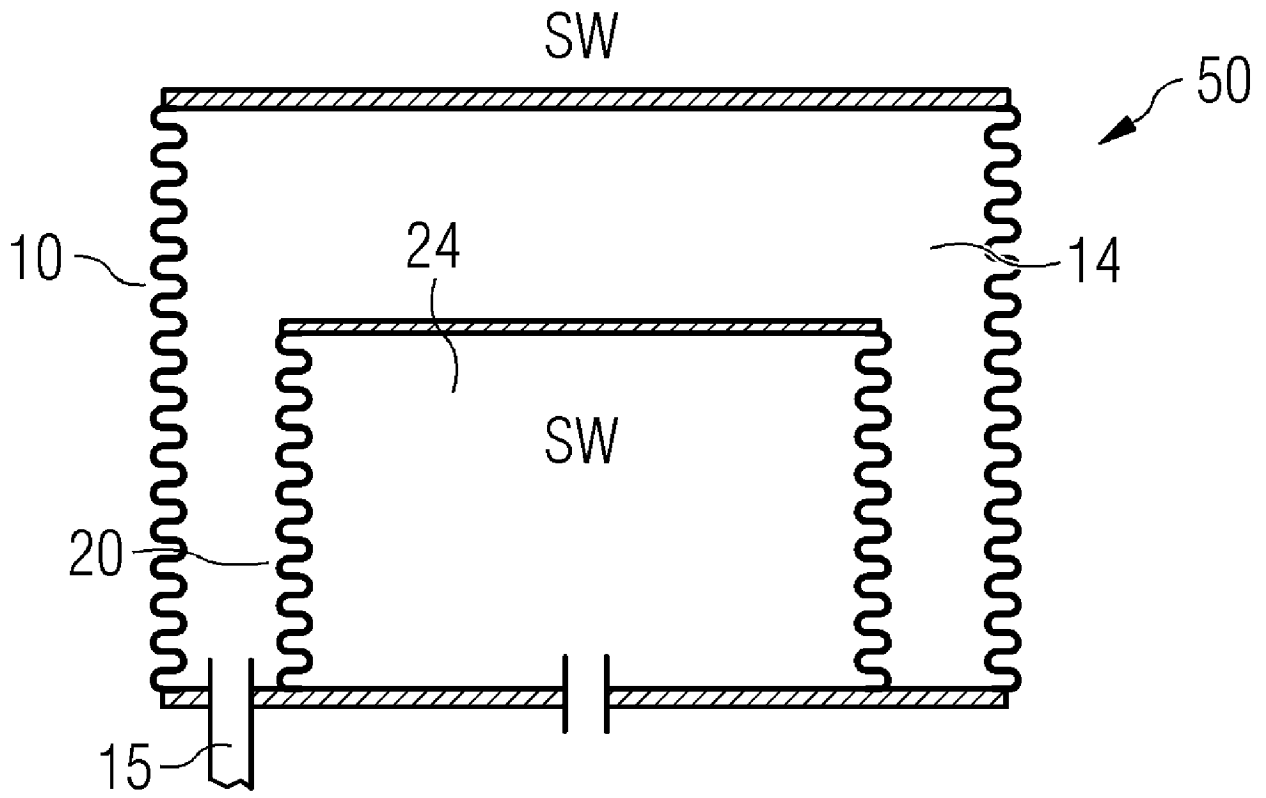


图 7A

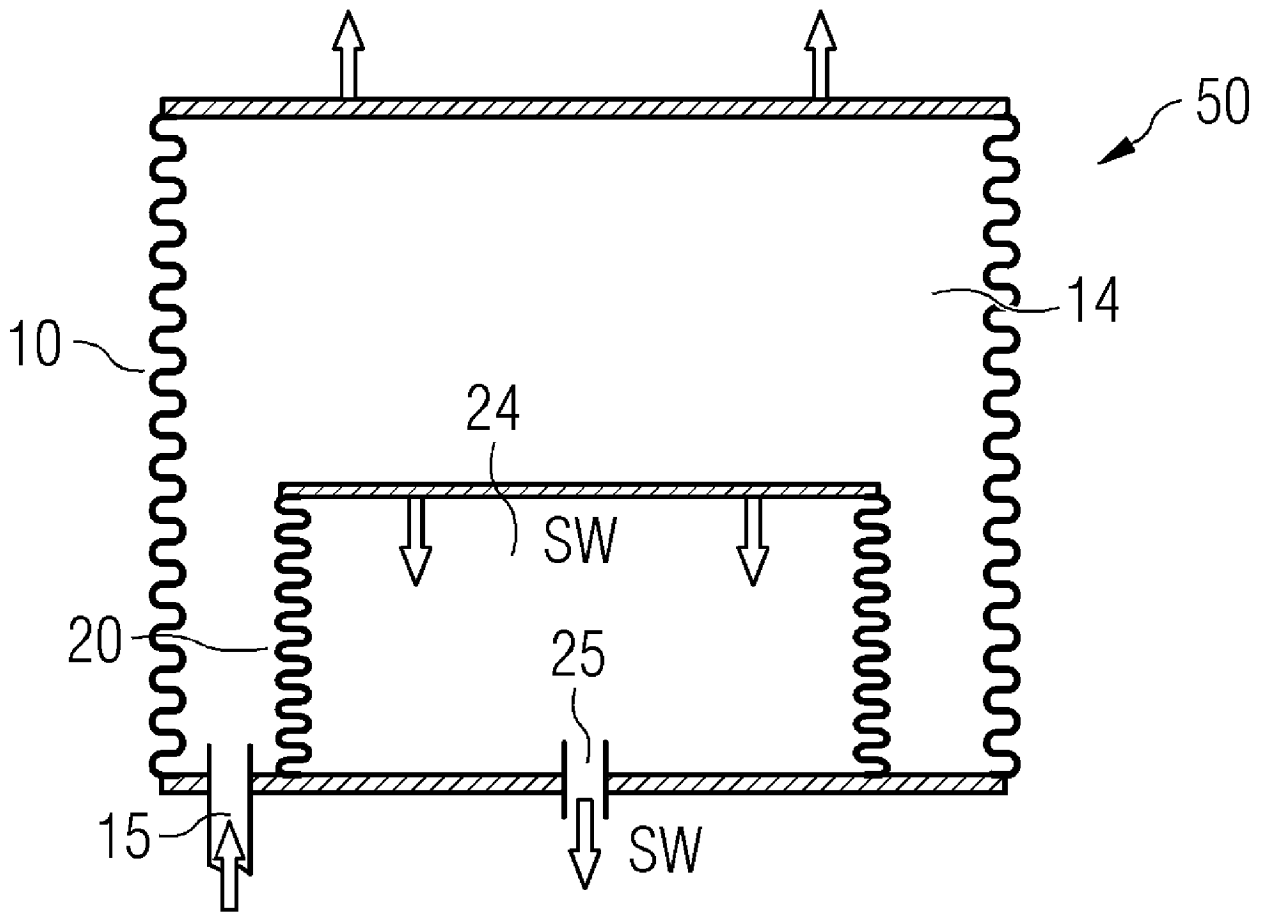


图 7B

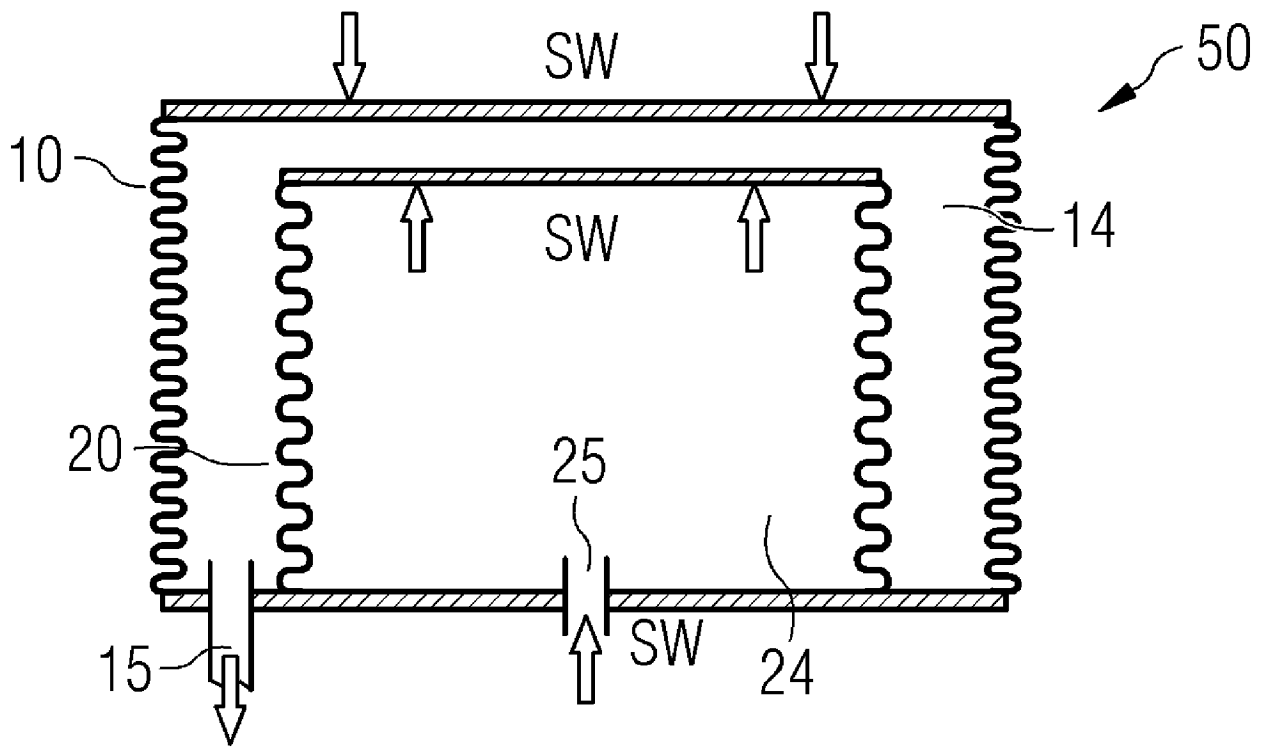


图 7C

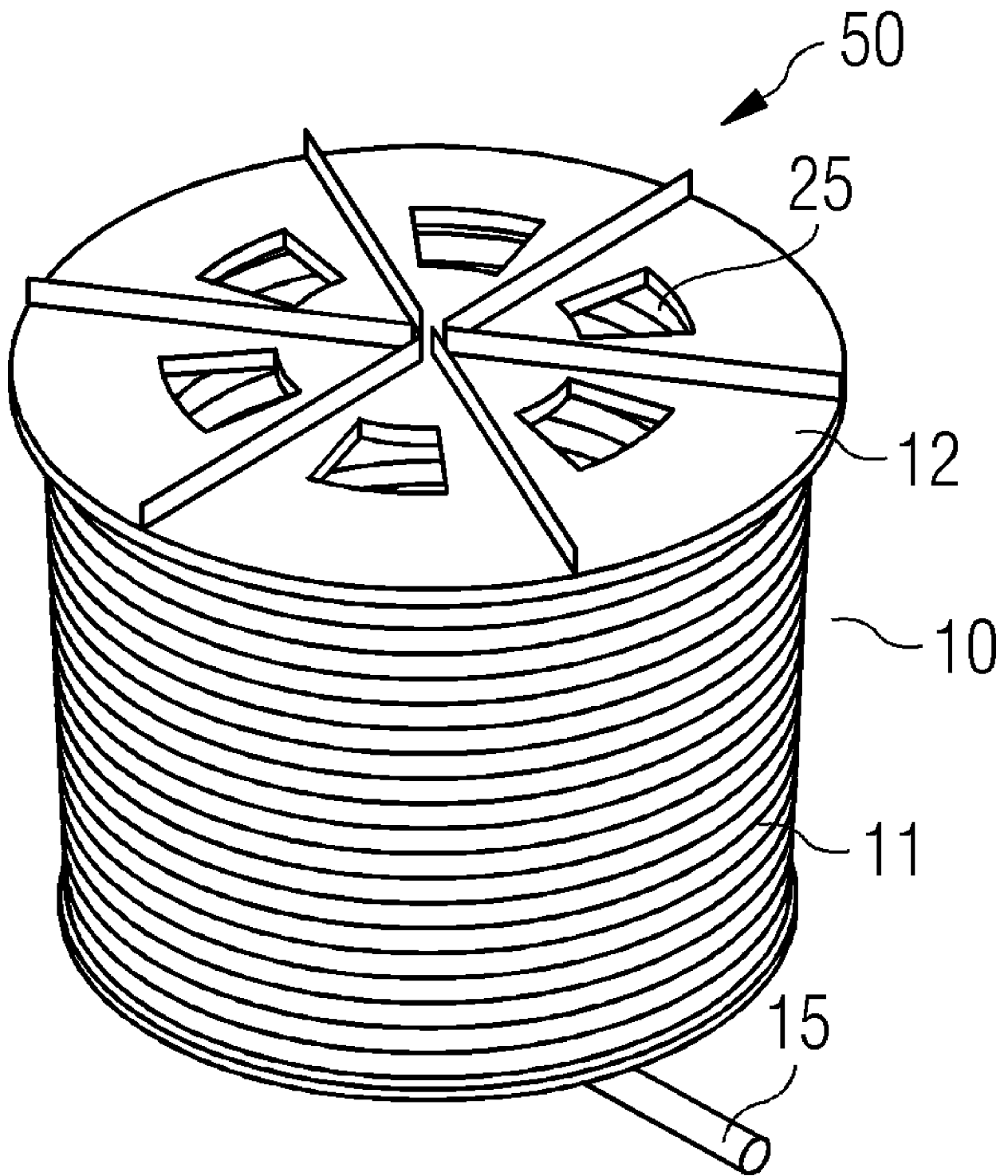


图 8A

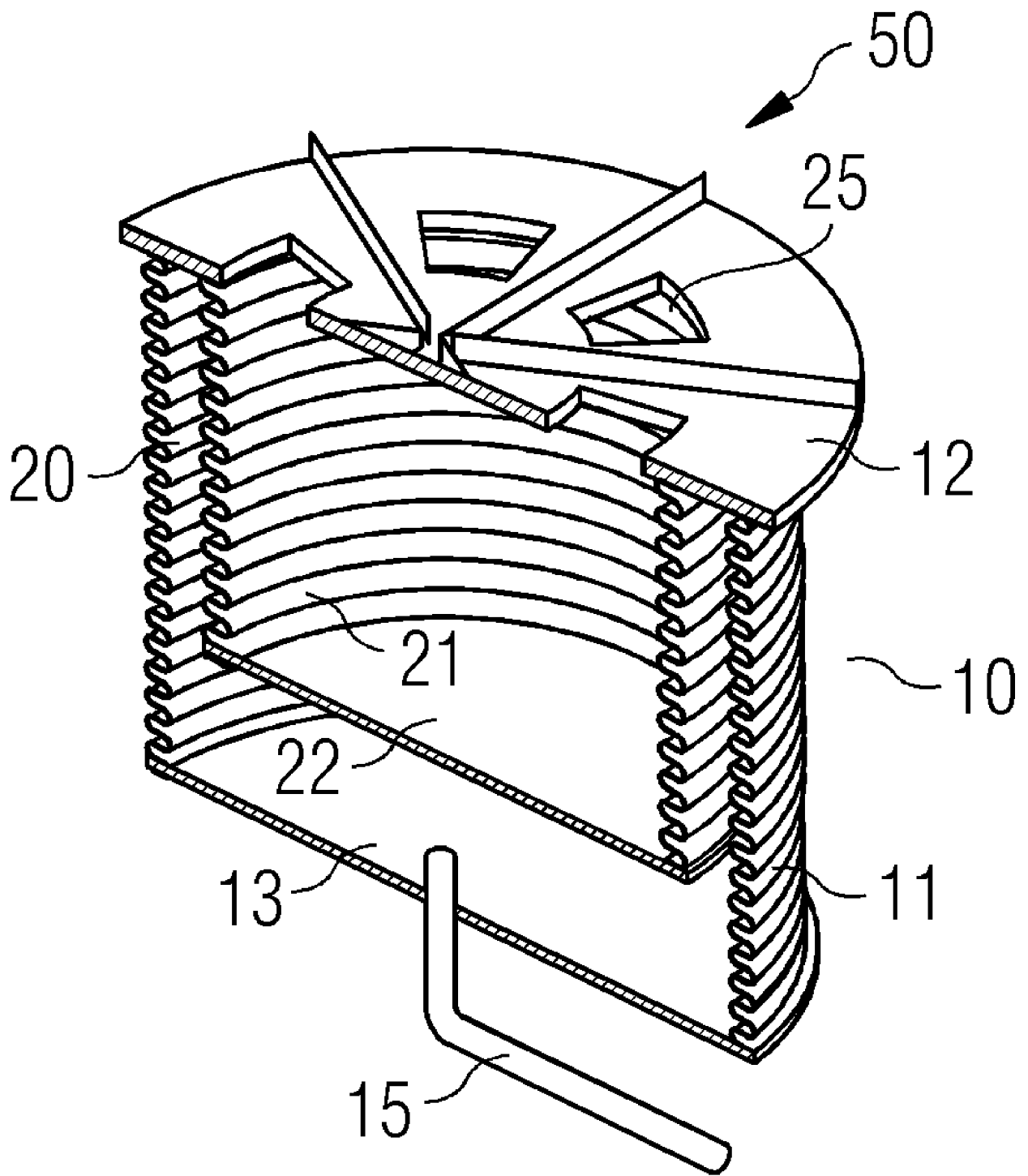


图 8B



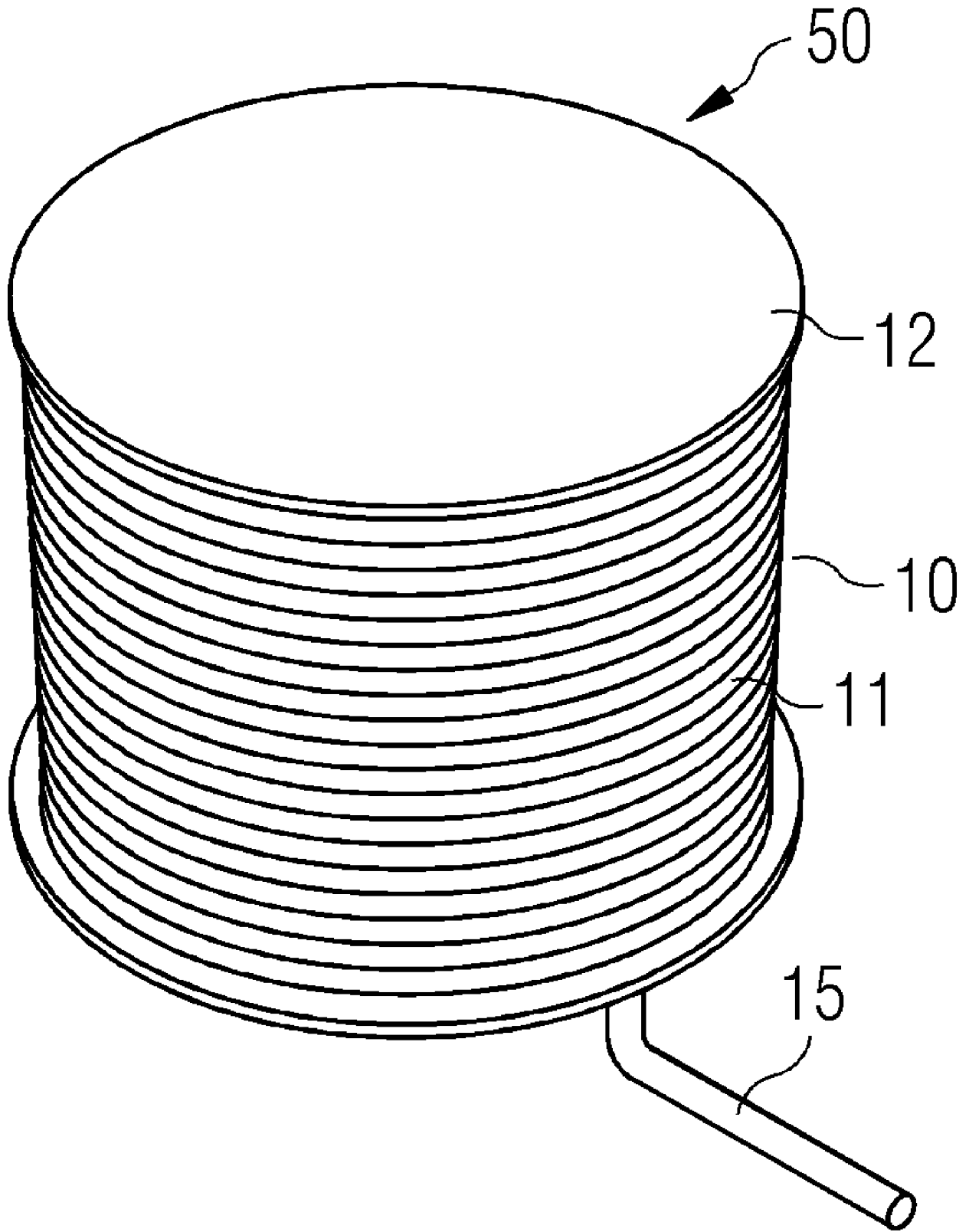


图 9A

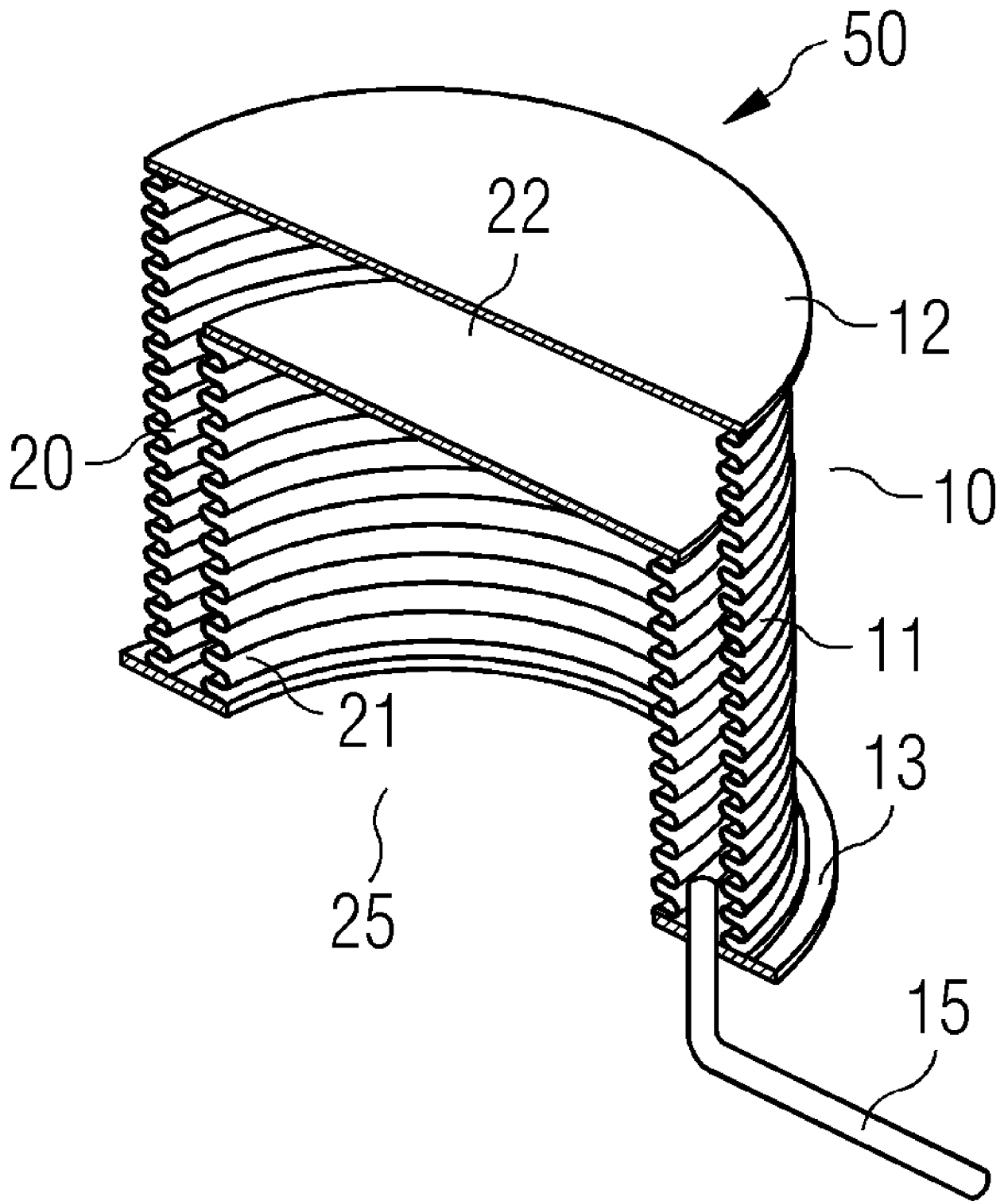


图 9B

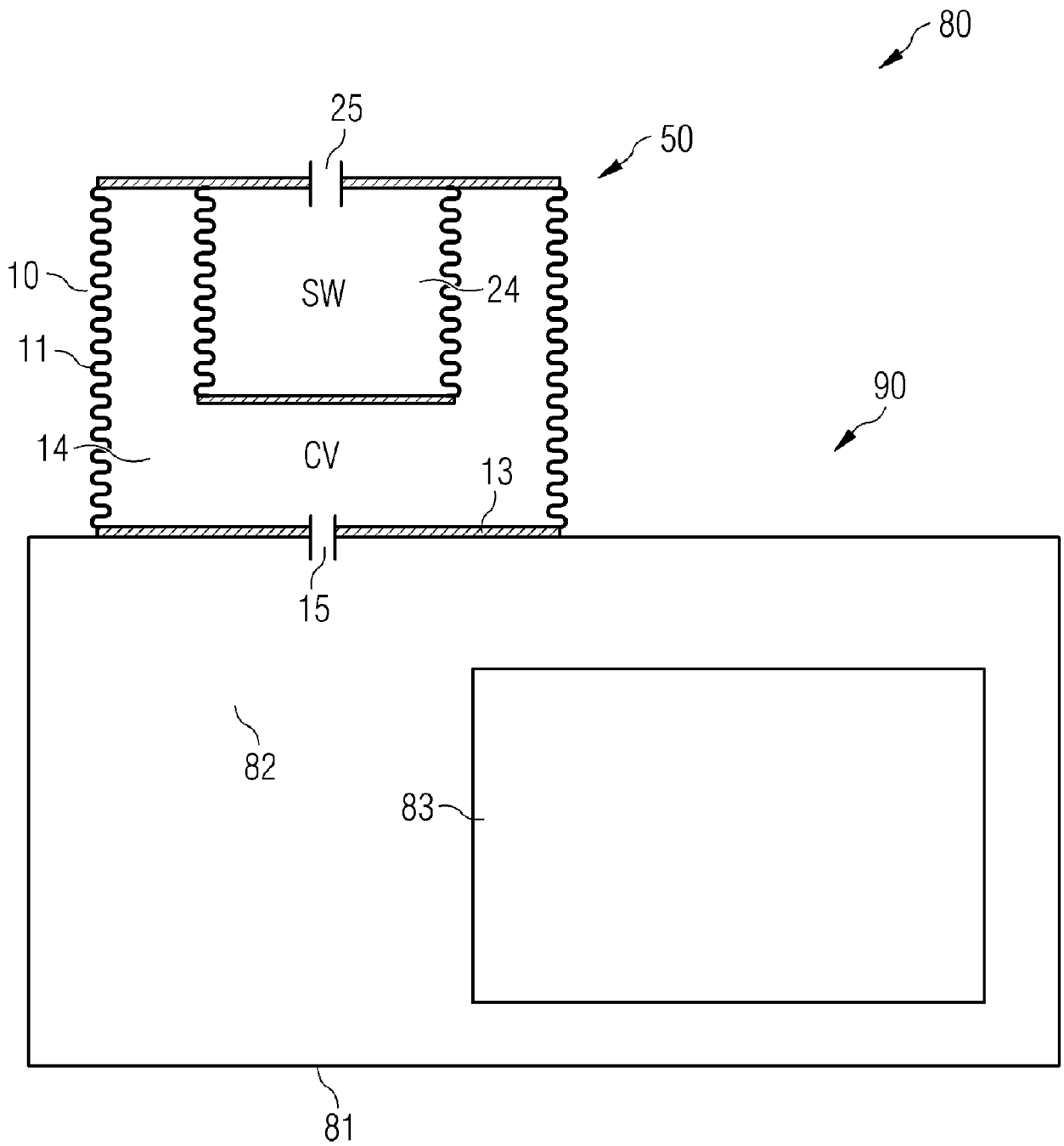


图 10