



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113219231 A

(43) 申请公布日 2021.08.06

(21) 申请号 202110160622.0

G01R 1/22 (2006.01)

(22) 申请日 2021.02.05

G01R 1/067 (2006.01)

(30) 优先权数据

62/970692 2020.02.05 US

(71) 申请人 弗兰克公司

地址 美国华盛顿州

(72) 发明人 胡美明 全明炫 R·罗德里格斯

R·施托伊尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 李晨 张一舟

(51) Int. Cl.

G01R 15/12 (2006.01)

G01R 19/00 (2006.01)

G01R 19/155 (2006.01)

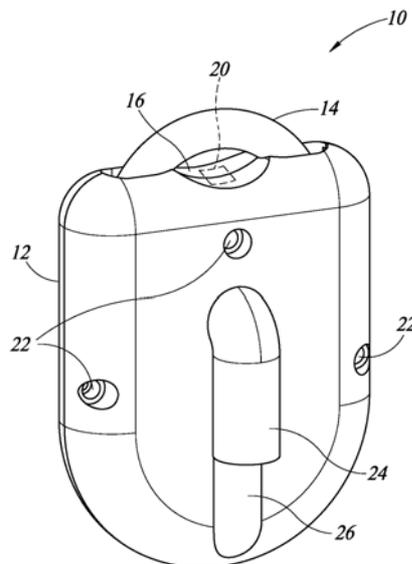
权利要求书3页 说明书11页 附图16页

(54) 发明名称

具有可调尺寸罗戈夫斯基线圈的非接触式电压测量

(57) 摘要

本发明题为“具有可调尺寸罗戈夫斯基线圈的非接触式电压测量”。传感器探头包括主体，该主体具有第一通道和第二通道，该第一通道和该第二通道间隔开并且大致彼此平行地延伸穿过主体。罗戈夫斯基线圈的第一端固定在第一通道内。罗戈夫斯基线圈穿过第二通道并环回到第一通道，其中罗戈夫斯基线圈的第二端能够选择性地插入与罗戈夫斯基线圈的第一端相对的第一通道中。耦合到主体的非接触式传感器定位在第一通道和第二通道之间，以测量位于由罗戈夫斯基线圈形成的环路内的绝缘导体的参数。环路内的内部区域的尺寸能够通过罗戈夫斯基线圈在第二通道内的滑动运动来选择性地调节。



1. 一种传感器探头,所述传感器探头操作以感测绝缘导体中的电参数,所述传感器探头包括:

主体,所述主体具有限于其中的第一通道和第二通道,其中所述第一通道和所述第二通道各自具有彼此间隔开的相应的第一开口端和第二开口端,所述第一通道和所述第二通道大致彼此平行地延伸穿过所述主体;

罗戈夫斯基线圈,所述罗戈夫斯基线圈具有第一端和第二端,其中所述罗戈夫斯基线圈的所述第一端固定在所述主体的所述第一通道内,并且其中所述罗戈夫斯基线圈延伸出所述第一通道的所述第一端,穿过所述第二通道的所述第一端和所述第二端,并且环回到所述第一通道的所述第二端,其中所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端能够选择性地插入与所述罗戈夫斯基线圈的所述第一端相对的所述第一通道中;和

非接触式传感器,所述非接触式传感器耦合到所述主体并且定位在所述第一通道和所述第二通道的所述相应第二端之间,

其中所述主体的所述第二通道的尺寸和大小被设计成在其中可滑动地容纳一定长度的所述罗戈夫斯基线圈,使得所述罗戈夫斯基线圈的第一环路形成在所述第一通道和所述第二通道的所述相应第一开口端之间,并且当所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端插入所述第一通道的所述第二端中时,所述罗戈夫斯基线圈的第二环路形成在所述第一通道和所述第二通道的所述相应第二开口端之间,

其中所述第一环路和所述第二环路内的内部区域的尺寸能够通过所述罗戈夫斯基线圈在所述第二通道内的滑动运动来选择性地调节;并且

其中当所述绝缘导体位于由所述罗戈夫斯基线圈形成的所述第二环路内时,所述非接触式传感器操作以感测所述绝缘导体的至少一个电参数,而不需要与所述绝缘导体电流接触。

2. 根据权利要求1所述的传感器探头,其中所述主体的所述第一通道的所述第二端包括紧固件,当所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端选择性地插入所述第一通道中时,所述紧固件操作以将所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端可释放地固定在所述第一通道内。

3. 根据权利要求1所述的传感器探头,其中当所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端选择性地插入所述第一通道的所述第二端中时,所述第一通道的侧壁邻接所述罗戈夫斯基线圈并且通过过盈配合将所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端可释放地固定在所述第一通道内。

4. 根据权利要求1所述的传感器探头,其中在所述传感器探头的正常使用期间,所述罗戈夫斯基线圈不能够从所述第二通道移除。

5. 根据权利要求1所述的传感器探头,所述传感器探头还包括第二非接触式传感器,所述第二非接触式传感器耦合到所述罗戈夫斯基线圈,其中当所述绝缘导体位于由所述罗戈夫斯基线圈形成的所述第二环路内时,所述第二非接触式传感器操作以感测所述绝缘导体中的电参数。

6. 根据权利要求1所述的传感器探头,所述传感器探头还包括接口连接器,所述接口连接器操作地耦合到所述非接触式传感器和所述罗戈夫斯基线圈,其中所述接口连接器可拆卸地耦合到测量设备的主要部分的对应接口连接器。

7. 根据权利要求1所述的传感器探头,其中所述非接触式传感器包括非接触式电压传感器、非接触式电流传感器、霍尔效应传感器、磁通门传感器、各向异性磁阻 (AMR) 传感器或

巨磁阻 (GMR) 传感器中的至少一者。

8. 根据权利要求1所述的传感器探头,所述传感器探头还包括锁定机构,所述锁定机构在开口位置操作以允许所述罗戈夫斯基线圈在所述第二通道内自由滑动,并且在闭合位置操作以可释放地固定所述罗戈夫斯基线圈并防止所述罗戈夫斯基线圈在所述第二通道内的滑动运动。

9. 根据权利要求1所述的传感器探头,其中所述主体包括内部腔体,所述内部腔体的尺寸被设定成包围所述罗戈夫斯基线圈的所述第一环路。

10. 一种用于测量绝缘导体中的电参数的设备,所述设备包括:

传感器探头,所述传感器探头包括:

主体,所述主体具有限定于其中的第一通道和第二通道,其中所述第一通道和所述第二通道各自具有彼此间隔开的相应的第一开口端和第二开口端,所述第一通道和所述第二通道大致彼此平行地延伸穿过所述主体;

罗戈夫斯基线圈,所述罗戈夫斯基线圈具有第一端和第二端,其中所述罗戈夫斯基线圈的所述第一端固定在所述主体的所述第一通道内,并且其中所述罗戈夫斯基线圈延伸出所述第一通道的所述第一端,穿过所述第二通道的所述第一端和所述第二端,并且环回到所述第一通道的所述第二端,其中所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端能够选择性地插入与所述罗戈夫斯基线圈的所述第一端相对的所述第一通道中;和

非接触式传感器,所述非接触式传感器耦合到所述主体并且定位在所述第一通道和所述第二通道的所述相应第二端之间,

其中所述主体的所述第二通道的尺寸和大小被设计成在其中可滑动地容纳一定长度的所述罗戈夫斯基线圈,使得所述罗戈夫斯基线圈的第一环路形成在所述第一通道和所述第二通道的所述相应第一开口端之间,并且当所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端插入所述第一通道的所述第二端中时,所述罗戈夫斯基线圈的第二环路形成在所述第一通道和所述第二通道的所述相应第二开口端之间,

其中所述第一环路和所述第二环路内的内部区域的尺寸能够通过所述罗戈夫斯基线圈在所述第二通道内的滑动运动来选择性地调节;并且

其中当所述绝缘导体位于由所述罗戈夫斯基线圈形成的所述第二环路内时,所述非接触式传感器操作以感测所述绝缘导体的至少一个电参数,而不需要与所述绝缘导体电流接触;和

控制电路,所述控制电路通信地耦合到所述非接触式传感器和所述罗戈夫斯基线圈,其中在操作时,所述控制电路被配置为:

接收传感器数据,所述传感器数据指示由所述非接触式传感器或所述罗戈夫斯基线圈中的至少一者检测到的信号;以及

处理所接收的传感器数据以确定所述绝缘导体的至少一个电参数。

11. 根据权利要求10所述的设备,所述设备还包括具有主要部分的测量仪器,所述测量仪器包括所述控制电路。

12. 根据权利要求11所述的设备,其中所述主要部分包括至少一个接口连接器,并且所述传感器探头可拆卸地连接到所述主要部分的所述至少一个接口连接器。

13. 根据权利要求11所述的设备,其中所述主要部分还包括所述传感器探头的所述主

体。

14. 根据权利要求10所述的设备,其中在操作时,所述控制电路被配置为处理所接收的传感器数据以确定所述绝缘导体中的电压。

15. 根据权利要求14所述的设备,其中在操作时,所述控制电路被进一步配置为处理所接收的传感器数据以确定所述绝缘导体中的电流。

16. 根据权利要求10所述的设备,所述设备还包括无线通信子系统,所述无线通信子系统操作地耦合到所述控制电路,其中在操作时,所述无线通信子系统被配置为将所确定的电参数无线地传输到外部系统。

17. 根据权利要求10所述的设备,所述设备还包括显示器,在操作时,所述显示器被配置为将所确定的电参数在视觉上呈现给所述设备的用户。

18. 根据权利要求10所述的设备,其中所述非接触式传感器包括非接触式电压传感器、非接触式电流传感器、霍尔效应传感器、磁通门传感器、各向异性磁阻 (AMR) 传感器或巨磁阻 (GMR) 传感器中的至少一者。

19. 一种传感器探头,所述传感器探头操作以检测绝缘导体中的电参数,所述电参数传感器探头包括:

罗戈夫斯基线圈,所述罗戈夫斯基线圈具有第一端和第二端;

主体,所述主体固定地耦合到所述罗戈夫斯基线圈的所述第一端,所述主体包括通道,所述通道的尺寸和大小被设定成当所述罗戈夫斯基线圈的所述第二端插入所述主体中时允许一定长度的所述罗戈夫斯基线圈可滑动地穿过所述通道并且选择性地调节由所述罗戈夫斯基线圈形成的环路的尺寸,其中通过所述罗戈夫斯基线圈相对于所述主体穿过所述通道的滑动运动来调节所述环路的所述尺寸;和

非接触式传感器,所述非接触式传感器耦合到所述主体,其中当所述绝缘导体位于所述罗戈夫斯基线圈的所述环路内时,所述非接触式传感器操作以感测所述绝缘导体中的至少一个电参数,而不需要与所述绝缘导体电流接触。

20. 根据权利要求19所述的传感器探头,所述传感器探头还包括锁定机构,所述锁定机构定位在所述通道内,其中所述锁定机构在开口位置操作以允许所述罗戈夫斯基线圈在所述通道内自由滑动,并且在闭合位置操作以可释放地固定所述罗戈夫斯基线圈并防止所述罗戈夫斯基线圈在所述通道内的滑动运动。

## 具有可调尺寸罗戈夫斯基线圈的非接触式电压测量

### 技术领域

[0001] 本公开整体涉及电参数测量设备,并且更具体地讲,涉及用于电参数测量设备的传感器探头。

### 背景技术

[0002] 电压表是用于测量电路中的电压的仪器。测量多于一种电特性的仪器称为万用表,并且操作以测量故障排除、服务和维护应用通常需要的许多参数。此类参数通常包括交流(AC)电压和电流、直流(DC)电压和电流以及电阻或通断性。还可以测量其他参数,诸如功率特性、频率、电容和温度,以满足特定应用的要求。

[0003] 对于测量AC电压的常规电压表或万用表而言,需要使至少两个测量电极或探头与导体电流接触,这通常需要切除绝缘电线的一部分绝缘体或提前提供测量端子。除了需要暴露的线材或端子进行电流接触之外,将电压表探头接触到剥离的线材或端子的步骤可能相当危险,由于存在被电击或触电的风险。可使用“非接触式”电压测量设备来检测交流(AC)电压的存在,而不需要与电路进行电流接触。当检测到电压时,通过指示(诸如灯光、蜂鸣器,或振动电机)提醒用户。然而,此类非接触式电压检测器仅提供AC电压存在或不存在的指示,并且不提供AC电压的实际幅值(例如,RMS值)的指示。

[0004] 例如,由于万用表测试引线和电路承载电流的容量,所以采用内部分流器的通用万用表可限制为最大十安培。此外,万用表通常必须使用内部保险丝进行保护,以防止过大的电流电平流过万用表,这既是出于安全原因,也是为了防止损坏万用表。移除熔断保险丝存在困难,外加购买替换保险丝需要一定的时间和成本,这使得期望获得不需要内部保险丝的非接触式电流测量仪器。

[0005] 钳式万用表通过采用一体式电流钳来提高用于测量通用万用表上的电流的能力,该电流钳感测载流导体内的电流,而不必切断载流导体或断开包括载流导体的电路。电流钳通常与万用表在同一外壳中提供,该万用表使用单独的测试探头以常规方式测量其他参数,诸如电压和电阻。电流钳围绕载流导体闭合以感测由电流产生的磁场。电流钳为万用表的测量提供电压信号,该万用表计算并显示测量的电流电平。因为没有电流从载流导体通过钳式万用表分流,所以已在很大程度上消除了对可测量的最大电流的限制。同样地,钳式万用表中的内部保险丝已被消除。

[0006] 为了获得有效的电流测量,电流钳中的磁芯必须环绕载流导体,以便闭合电流钳。必须机械地致动电流钳以打开钳口,插入载流导体,然后钳口围绕载流导体闭合。在诸如电气柜之类的紧密物理空间中,插入钳式万用表并使用该技术进行电流测量可能不方便且存在困难。此外,钳口必须对齐以完成磁芯,以获得有效的电流测量。因此,钳式万用表难以在狭窄空间中使用,而是需要较大的物理空间来打开电流钳的钳口。由于磁芯上使用了大量的铁,所以钳式万用表在物理上也会很重。此外,高电平的电流可使得磁芯饱和。因此,钳式万用表的电流测量容量限于不使磁芯饱和的电流电平。

[0007] 罗戈夫斯基线圈能够感测流过罗戈夫斯基线圈包围的导体的交流电流。罗戈夫斯

基线圈和夹钳之间存在许多差异。例如,罗戈夫斯基线圈比万用表的基本刚性的夹钳更柔韧且具有更小的横截面。因此,罗戈夫斯基线圈可用于对于钳式万用表来说太紧和/或太小的狭窄空间。此外,罗戈夫斯基线圈的环路可重新成形为环绕导体,该导体具有夹钳不能围绕其闭合的横截面。另一个差异是,与夹钳相比,罗戈夫斯基线圈的电流测量能力更强。具体地讲,在使夹钳的芯的磁性材料饱和的电流电平下,罗戈夫斯基线圈的空气芯不会饱和。

[0008] 授权给本公开的受让人的美国授权前公布号2019/0346492公开了具有非接触式电压测量能力的可调长度罗戈夫斯基线圈测量设备。在常规罗戈夫斯基线圈出现之后建模,测量设备包括Y形主体,该Y形主体具有在一端彼此间隔开并且在另一端彼此相邻的通道。通道中的一个通道包括在两端之间延伸的侧向开口,该侧向开口允许一定长度的罗戈夫斯基线圈插入通道中以及从通道移除。用户可抓握罗戈夫斯基线圈的端部并向下拉动它们,以围绕位于环路内的绝缘导体“系紧”罗戈夫斯基线圈的环路。然而,对于弯曲的Y形通道组而言,用户可能难以将罗戈夫斯基线圈牵拉穿过通道,并且在通道的发散的间隔开的端部将罗戈夫斯基线圈沿稍微相反的方向引导的情况下,环路中用于围绕绝缘导体系紧环路所需的弯曲可能阻止环路围绕导体紧密配合。

## 发明内容

[0009] 本文公开了一种传感器探头,该传感器探头操作以感测绝缘导体中的电参数。在各种实施方案中,传感器探头可概括为包括主体、罗戈夫斯基线圈和非接触式传感器。主体具有限于其中的第一通道和第二通道。第一通道和第二通道各自具有彼此间隔开的相应的第一开口端和第二开口端。另外,第一通道和第二通道大致彼此平行地延伸穿过主体。

[0010] 罗戈夫斯基线圈具有第一端和第二端,其中罗戈夫斯基线圈的第一端固定在主体的第一通道内。罗戈夫斯基线圈延伸出第一通道的第一端,穿过第二通道的第一端和第二端,并且环回到第一通道的第二端,其中罗戈夫斯基线圈的第二端能够选择性地插入与罗戈夫斯基线圈的第一端相对的第一通道中。

[0011] 非接触式传感器耦合到主体并且定位在第一通道和第二通道的相应第二端之间。

[0012] 主体的第二通道的尺寸和大小被设计成在其中可滑动地容纳一定长度的罗戈夫斯基线圈,使得罗戈夫斯基线圈的第一环路形成在第一通道和第二通道的相应第一开口端之间。当罗戈夫斯基线圈的第二端插入第一通道的第二端中时,罗戈夫斯基线圈的第二环路形成在第一通道和第二通道的相应第二开口端之间。

[0013] 第一环路和第二环路内的内部区域的尺寸能够通过罗戈夫斯基线圈在第二通道内的滑动运动来选择性地调节。当绝缘导体位于由罗戈夫斯基线圈形成的第二环路内时,非接触式传感器操作以感测绝缘导体的至少一个电参数,而不需要与绝缘导体电流接触。

[0014] 传感器探头的实施方案可包括以下特征或方面:其中主体的第一通道的第二端包括紧固件,当罗戈夫斯基线圈的第二端选择性地插入第一通道中时,该紧固件操作以将罗戈夫斯基线圈的第二端可释放地固定在第一通道内;其中当罗戈夫斯基线圈的第二端选择性地插入第一通道的第二端中时,第一通道的侧壁邻接罗戈夫斯基线圈并且通过过盈配合将罗戈夫斯基线圈的第二端可释放地固定在第一通道内;其中在传感器探头的正常使用期间,罗戈夫斯基线圈不能够从第二通道移除;第二非接触式传感器,该第二非接触式传感器耦合到罗戈夫斯基线圈,其中当绝缘导体位于由罗戈夫斯基线圈形成的第二环路内时,第

二非接触式传感器操作以感测绝缘导体中的电参数；接口连接器，该接口连接器操作地耦合到非接触式传感器和罗戈夫斯基线圈，其中接口连接器可拆卸地耦合到测量设备的主要部分的对应接口连接器；其中非接触式传感器包括非接触式电压传感器、非接触式电流传感器、霍尔效应传感器、磁通门传感器、各向异性磁阻 (AMR) 传感器或巨磁阻 (GMR) 传感器中的至少一者；锁定机构，该锁定机构在开口位置操作以允许罗戈夫斯基线圈在第二通道内自由滑动，并且在闭合位置操作以可释放地固定罗戈夫斯基线圈并防止罗戈夫斯基线圈在第二通道内的滑动运动；并且其中主体包括内部腔体，该内部腔体的尺寸被设定成包围罗戈夫斯基线圈的第一环路。

[0015] 本文还公开了一种用于测量绝缘导体中的电参数的设备。在各种实施方案中，该设备可概括为包括如上所述的传感器探头以及控制电路，该控制电路能够通信地耦合到非接触式传感器和罗戈夫斯基线圈。在操作时，控制电路被配置为接收传感器数据，该传感器数据指示由非接触式传感器或罗戈夫斯基线圈中的至少一者检测到的信号，并且处理所接收的传感器数据以确定绝缘导体的至少一个电参数。

[0016] 在各种实施方案中，设备的实施方案可包括以下特征或方面：具有主要部分的测量仪器，该测量仪器包括控制电路；其中主要部分包括至少一个接口连接器，并且传感器探头可拆卸地连接到主要部分的至少一个接口连接器；其中主要部分还包括传感器探头的主体；其中在操作时，控制电路被配置为处理所接收的传感器数据以确定绝缘导体中的电压；其中在操作时，控制电路被进一步配置为处理所接收的传感器数据以确定绝缘导体中的电流；无线通信子系统，该无线通信子系统操作地耦合到控制电路，其中在操作时，无线通信子系统被配置为将所确定的电参数无线地传输到外部系统；显示器，在操作时，该显示器被配置为将所确定的电参数在视觉上呈现给设备的用户；并且其中非接触式传感器包括非接触式电压传感器、非接触式电流传感器、霍尔效应传感器、磁通门传感器、各向异性磁阻 (AMR) 传感器或巨磁阻 (GMR) 传感器中的至少一者。

[0017] 在另外的实施方案中，操作以检测绝缘导体中的电参数的传感器探头可包括罗戈夫斯基线圈，该罗戈夫斯基线圈具有第一端和第二端；主体，该主体固定地耦合到罗戈夫斯基线圈的第一端，主体包括通道，该通道的尺寸和大小被设定成当罗戈夫斯基线圈的第二端插入主体中时允许一定长度的罗戈夫斯基线圈可滑动地穿过通道并且选择性地调节由罗戈夫斯基线圈形成的环路的尺寸，其中通过罗戈夫斯基线圈相对于主体穿过通道的滑动运动来调节环路的尺寸；和非接触式传感器，该非接触式传感器耦合到主体，其中当绝缘导体位于罗戈夫斯基线圈的环路内时，非接触式传感器操作以感测绝缘导体中的至少一个电参数，而不需要与绝缘导体电流接触。

[0018] 传感器探头还可包括定位在通道内的锁定机构，其中该锁定机构在开口位置操作以允许罗戈夫斯基线圈在通道内自由滑动，并且在闭合位置操作以可释放地固定罗戈夫斯基线圈并防止罗戈夫斯基线圈在通道内的滑动运动。

## 附图说明

[0019] 图1是电参数传感器探头的至少一个非限制性实施方案的右前透视图，该电参数传感器探头包括主体、罗戈夫斯基线圈和非接触式传感器。

[0020] 图2是图1的传感器探头的后右透视图。

[0021] 图3是图1的传感器探头的右前透视图,其中传感器探头的主体的前半部已被移除。

[0022] 图4是图1的传感器探头的后右透视图,其中传感器探头的主体的后半部已被移除。

[0023] 图5是如图3所示的传感器探头的后正视图,其中罗戈夫斯基线圈回缩在传感器探头的主体内。

[0024] 图6是如图5所示的传感器探头的后正视图,其中罗戈夫斯基线圈从传感器探头的主体延伸。

[0025] 图7是如图6所示的传感器探头的后正视图,其中罗戈夫斯基线圈的第二端从传感器探头的主体撤回,从而提供通向罗戈夫斯基线圈的内部区域的通路。

[0026] 图8是如图6所示的传感器探头的后正视图,其中绝缘导体定位在罗戈夫斯基线圈的内部区域内,并且罗戈夫斯基线圈已在传感器探头的主体内部分地回缩。

[0027] 图9是电参数传感器探头的另一个非限制性实施方案的右前透视图,该电参数传感器探头包括主体、罗戈夫斯基线圈和非接触式传感器。

[0028] 图10是图9的传感器探头的后右透视图。

[0029] 图11是图9的传感器探头的右前透视图,其中传感器探头的主体的前半部已被移除。

[0030] 图12是图9的传感器探头的后右透视图,其中传感器探头的主体的后半部已被移除。

[0031] 图13是图9的传感器探头的前正视图。

[0032] 图14是如图13所示的传感器探头的前正视图,其中罗戈夫斯基线圈的第二端从传感器探头的主体撤回,从而提供通向罗戈夫斯基线圈的内部区域的通路。

[0033] 图15是如图13所示的传感器探头的前正视图,其中绝缘导体定位在罗戈夫斯基线圈的内部区域内。

[0034] 图16是如图15所示的传感器探头的前正视图,其中罗戈夫斯基线圈已朝向绝缘导体回缩。

[0035] 在附图中,相同的附图标记指示相似的元件。附图中的元件的大小和相对位置不一定按比例绘制。例如,各种元件的形状和角度以及元件之间的间隔不一定按比例绘制,并且这些元件中的一些可能被任意地放大和定位,以提高附图的可读性。此外,绘制的元件的特定形状不一定意图传达关于元件的任何所需形状的信息,并且可能仅为了便于在附图中识别而被选择。

### 具体实施方式

[0036] 本公开的一个或多个实施方式涉及电参数传感器探头并且涉及用于在不需要与绝缘电导体(例如,绝缘线材)进行电流连接的情况下测量该导体中的电参数(例如,电压、电流)的设备和方法。如本文所述,电参数测量设备被配置为测量绝缘导体中的一个或多个电参数。不需要与导体进行电流连接来测量参数的此类设备是非接触式设备。如本文所用,“非接触式”设备或传感器操作以检测绝缘导体中的电参数,而不需要与导体电流接触。

[0037] 在各种实施方案中,提供了非接触式电参数传感器探头,其操作以精确测量待测

绝缘导体中的电流和电压两者。传感器探头包括主体、耦合到主体的罗戈夫斯基线圈以及耦合到主体或罗戈夫斯基线圈中至少一者的非接触式传感器。罗戈夫斯基线圈的环路的尺寸能够选择性地调节,使得环路可围绕待测绝缘导体紧固,直至导体邻近包括非接触式传感器的主体或罗戈夫斯基线圈的一部分定位。因此,一旦紧固罗戈夫斯基线圈的环路,环路就有助于保持绝缘导体与非接触式传感器相邻的位置,以获得精确的测量值(例如,电压测量值),同时罗戈夫斯基线圈获得精确电流测量值。可使用获得的电压和电流测量值导出一个或多个电参数,诸如功率或相位角。可例如通过显示器将测量的电参数提供给用户,或者可通过合适的有线或无线连接将测量的电参数传输到一个或多个外部系统。

[0038] 在下面的描述中,阐述了某些具体细节以便提供对所公开的各种实施方式的彻底理解。然而,本领域的技术人员将认识到,可以在没有这些具体细节中的一个或多个的情况下或者利用其他方法、部件、材料等的情况下实践附加的实施方式。

[0039] 另外,本说明书通篇对“一个实施方案”或“实施方案”的引用意指结合该实施方案描述的特定特征、结构或特性包括在至少一个实施方案中。此外,本说明书中短语“在至少一个实施方案中”的出现不一定是指仅一个实施方案。本文所述的各种实施方案的特定特征、结构或特性可以任何合适的方式组合在另外的实施方案中。

[0040] 图1是电参数传感器探头10的至少一个非限制性实施方案的右前透视图,该电参数传感器探头包括主体12、罗戈夫斯基线圈14和非接触式传感器20。图2是图1的传感器探头10的后右透视图。沿着主体12的靠近罗戈夫斯基线圈14的一侧定位的是凹形鞍形件16,该凹形鞍形件与罗戈夫斯基线圈的环路一起提供内部区域18,绝缘导体可定位在该内部区域中与非接触式传感器20相邻,例如,如图8所示。

[0041] 在一些实施方案中,主体12由两个半部12a、12b构成,这两个半部可固定地或可移除地彼此耦合。在图2所示的实施方案中,螺钉或其他固定机构穿过孔22插入,以将后半部12b固定到主体12的前半部12a。从主体12的后半部12b突出的是保护壳24,该保护壳接收可用于将传感器探头10连接到外部装备(诸如能够接收和处理由传感器探头10传送的测量信号或数据的测量仪器)的线缆(未示出)。线缆可位于限定在主体12中的槽26内,该槽容纳线缆与主体12的紧密配合。

[0042] 罗戈夫斯基线圈14是柔性的并且具有在第一端50和第二端52之间延伸的长度。与传统罗戈夫斯基线圈一样,罗戈夫斯基线圈14可包括环形线圈,该环形线圈具有中心线,该中心线由围绕柔性非磁芯缠绕成螺旋形的相同线环绕并且套在柔性覆盖物中。因此,线圈的一端穿过线圈本身并从另一侧引出,使得线圈的两端均位于同一侧(例如,第一端50、第二端52)。线圈的端部可电连接到如上所述的线缆,使得将来自罗戈夫斯基线圈14的信号发送到外部测量仪器以进行处理。例如,非磁芯可包括空气。罗戈夫斯基线圈14的覆盖物可足够刚性以保护环形线圈的形状,并且仍然足够柔性以允许罗戈夫斯基线圈形成为大小和形状可调节的环路,如下文进一步讨论的那样。

[0043] 传感器探头10的主体12包括与其耦合的非接触式传感器20(例如,非接触式电压传感器),该非接触式传感器操作以感测待测绝缘导体中的电参数(例如,电压),而不需要与导体进行电流连接。附加地或另选地,一个或多个非接触式传感器可以在传感器探头的主体12之外或代替传感器探头的主体12耦合到罗戈夫斯基线圈14。非接触式传感器20可电连接到线缆,使得来自传感器20的信号被发送到测量仪器以进行处理。在各种实施方案中,

非接触式传感器20可包括非接触式电压传感器、非接触式电流传感器、霍尔效应元件、电流变换器、磁通门传感器、各向异性 (AMR) 传感器、巨磁阻 (GMR) 传感器, 或者操作以在不需要电流接触的情况下感测绝缘导体 (例如, 图8所示的导体80) 的电参数的其他类型的传感器。非接触式传感器的各种非限制性示例公开于2016年11月11日提交的美国临时专利申请号62/421,124; 2016年11月7日提交的美国专利申请号15/345,256; 2017年1月23日提交的美国专利申请号15/413,025; 2017年1月23日提交的美国专利申请号15/412,891; 2017年5月24日提交的美国专利申请号15/604,320和2017年6月16日提交的美国专利申请序列号15/625,745, 上述专利申请的内容据此全文以引用方式并入本文。

[0044] 传感器探头10还可包括处理或控制电路28, 该处理或控制电路操作地耦合到非接触式传感器20和/或罗戈夫斯基线圈14。处理或控制电路28操作以处理从传感器20和/或罗戈夫斯基线圈14接收的传感器信号, 并且将指示此类传感器信号的传感器数据发送到外部测量仪器中的控制电路。附加地或另选地, 控制电路28可包括调节或转换电路, 该调节或转换电路操作以将信号调节或转换成测量仪器可接收的形式, 诸如模拟形式 (例如, 0V-1V) 或数字形式 (例如, 8位、16位、64位)。

[0045] 为了使用非接触式电压传感器获得测量值, 例如, 对于传感器20可能有利的是尽可能地靠近待测导体80 (如图8所示)。在至少一些实施方式中, 对于导体80也可能有利的是相对于非接触式传感器20定位在特定取向 (例如, 垂直位置) 处。对于具有相对大的不可调节环路 (例如, 10英寸、18英寸) 的传统罗戈夫斯基线圈而言, 罗戈夫斯基线圈在与传感器探头的主体间隔开的点处悬挂在待测导体上。从该位置, 非接触式电压传感器可能难以或不可能获得待测导体的精确电压测量值。如下文详细描述的那样, 在本公开的一个或多个实施方案中, 罗戈夫斯基线圈14的环路能够选择性地调节, 使得如图8和图16所示, 环路可围绕导体80、180紧固以将导体邻近非接触式传感器20、120定位, 从而可获得精确测量值。

[0046] 图3至图8示出了传感器探头10的主体12内部的部件的布置。图3是传感器探头10的右前透视图, 其中传感器探头的主体12的前半部12a已被移除, 而在图4中, 主体12的后半部12b已被移除。图5提供了如图3所示的传感器探头10的后正视图, 其中罗戈夫斯基线圈14回缩在传感器探头10的主体12内。

[0047] 传感器探头10的主体12包括第一通道30和第二通道40。第一通道30和第二通道40各自具有彼此间隔开的相应的第一开口端34、44和第二开口端32、42。第一通道30和第二通道40大致彼此平行地延伸穿过主体12。

[0048] 罗戈夫斯基线圈14具有第一端50和第二端52。罗戈夫斯基线圈14的第一端50固定在主体12的第一通道30内。罗戈夫斯基线圈14延伸出第一通道30的第一端34, 穿过第二通道40的第一端44和第二端42, 并且环回到第一通道30的第二端32, 其中罗戈夫斯基线圈14的第二端52能够选择性地插入与罗戈夫斯基线圈14的第一端50相对的第一通道30中。非接触式传感器20耦合到主体12并且定位在第一通道30和第二通道40的相应第二端32、42之间。

[0049] 主体12的第二通道40的尺寸和大小被设计成在其中容纳长度 $L_1$ 的罗戈夫斯基线圈14, 使得罗戈夫斯基线圈的第一环路形成在第一通道30和第二通道40的相应第一开口端34、44之间。主体12的大致平行于第二通道40的第一通道30可具有与第二通道40相同的长度 $L_1$ 。当罗戈夫斯基线圈52的第二端插入第一通道30的第二端32中时, 罗戈夫斯基线圈的

第二环路形成在第一通道30和第二通道40的相应第二开口端32、42之间。如从本文的公开内容将理解的,第一环路和第二环路的尺寸能够通过罗戈夫斯基线圈14在第二通道40内的滑动运动来选择性地调节。当绝缘导体80位于由罗戈夫斯基线圈14形成的第二环路内时(参见图8),非接触式传感器20操作以感测绝缘导体80的至少一个电参数,而不需要与绝缘导体80电流接触。

[0050] 图6是如图5所示的传感器探头10的后正视图,其中罗戈夫斯基线圈14从主体12延伸。在图7中,罗戈夫斯基线圈14的第二端52从第一通道30撤回,从而提供间隙70,该间隙允许绝缘导体80进入并进到罗戈夫斯基线圈14的内部区域18。图8是传感器探头10的后正视图,其中绝缘导体80定位在罗戈夫斯基线圈14的内部区域18内。另外,在图8中,罗戈夫斯基线圈14已部分地回缩在传感器探头10的主体12内,从而抵靠绝缘导体80紧固罗戈夫斯基线圈14并保持绝缘导体80靠近非接触式传感器20。

[0051] 在一些实施方案中,主体12的第一通道30的第二端32可包括紧固件,当罗戈夫斯基线圈14的第二端52选择性地插入第一通道30中时,该紧固件操作以将罗戈夫斯基线圈14的第二端52可释放地固定在第一通道30内。此类紧固件可以是常规紧固件,该常规紧固件使用于具有可拆卸线圈端的典型罗戈夫斯基线圈仪器中。在其他实施方案中,当罗戈夫斯基线圈14的第二端52选择性地插入第一通道30的第二端32中时,第一通道30的侧壁可邻接罗戈夫斯基线圈14并且通过过盈配合将罗戈夫斯基线圈14的第二端52可释放地固定在第一通道30内。一般来讲,预期罗戈夫斯基线圈在传感器探头10的正常使用期间不能够从第二通道40移除。

[0052] 在一些实施方案中,传感器探头10还可包括第二非接触式传感器,该第二非接触式传感器耦合到罗戈夫斯基线圈14的一部分。在此类实施方案中,当绝缘导体80位于由罗戈夫斯基线圈14形成的第二环路的内部区域18内时,第二非接触式传感器可操作以感测绝缘导体80中的电参数。

[0053] 在一些实施方案中,传感器探头10还可包括接口连接器,该接口连接器通常通过传感器探头10中的电路28经由线缆和/或线材(例如,延伸穿过保护壳24)操作地耦合到非接触式传感器20和罗戈夫斯基线圈14。预期此类接口连接器被配置为可拆卸地耦合到测量设备(未示出)的对应接口连接器,该测量设备被配置为从传感器探头10接收信号和数据。

[0054] 在一些实施方案中,传感器探头10还可包括锁定机构60,该锁定机构在开口位置操作,例如,如图5至图7所示,以允许罗戈夫斯基线圈14在第二通道40内自由滑动。如图6所示,锁定机构60具有与第二通道40对齐的通道64。罗戈夫斯基线圈14因此能够在通道64和通道40内自由滑动。在闭合位置,例如,如图8所示,用户已释放锁定机构60并且锁定机构60已略微向外移位。当锁定机构60被释放时,偏置元件(例如,弹簧)62抵靠通道64中的罗戈夫斯基线圈14的部分推动通道64的内侧壁。在通道64的内侧壁现在抵靠罗戈夫斯基线圈14的情况下,摩擦有助于将罗戈夫斯基线圈14的位置锁定在适当位置。这样,锁定机构60可释放地固定罗戈夫斯基线圈14并且防止罗戈夫斯基线圈14在第二通道40内的滑动运动,从而帮助罗戈夫斯基线圈14抵靠非接触式传感器20保持绝缘导体80。

[0055] 传感器探头10的主体12包括内部腔体36,该内部腔体的尺寸被设计成接收并且优选地包围罗戈夫斯基线圈14的第一环路。内部腔体36由主体12内的内侧壁54、56限定,并且由主体12的前部12a和后部12b的内侧壁侧向限定。当绝缘导体80(如图8所示)放置在第一

环路的内部区域18中时,可通过将罗戈夫斯基线圈14滑动穿过第二通道40(从而减小内部区域18的尺寸)来将罗戈夫斯基线圈向下紧固在绝缘导体80上。在该过程中,已滑动穿过第二通道40的罗戈夫斯基线圈14的平衡被接收在腔体36内。

[0056] 图9是电参数传感器探头100的另一个非限制性实施方案的右前透视图,该电参数传感器探头包括主体112、罗戈夫斯基线圈114和非接触式传感器120。图10是图9所示的传感器探头100的后右透视图。类似于图1至图8所示的传感器探头10,图9至图16所示的传感器探头100的罗戈夫斯基线圈114可环绕绝缘导体(例如,图16所示的导体180)并滑动穿过传感器探头100中的第二通道,以抵靠导体180向下紧固罗戈夫斯基线圈114并保持导体180靠近非接触式传感器120。

[0057] 参照图11至图13,图11为传感器探头110的右前透视图,其中传感器探头的主体112的前半部112a已被移除,示出了主体的后半部112b的内部,而图12为主体112的后半部112b已被移除的后右透视图,示出了主体112的前半部112a的内部。图13是图9所示的传感器探头110的前正视图。

[0058] 如图所示,传感器探头100包括锁定机构160,该锁定机构可朝向主体112中的第二通道140中的罗戈夫斯基线圈114的部分螺纹连接。当锁定机构160的螺钉162抵靠罗戈夫斯基线圈140时,螺钉162将罗戈夫斯基线圈114固定在适当位置。当锁定机构160拧开时,螺钉162从罗戈夫斯基线圈114释放,并且罗戈夫斯基线圈114能够在第二通道140内自由滑动。

[0059] 在一些实施方案中,主体112由两个半部112a、112b构成,这两个半部可固定地或可移除地彼此耦合。在图10所示的实施方案中,螺钉或其他固定机构可穿过孔122插入,以将后半部112b固定到主体112的前半部112a。从主体112的侧面突出的是接纳线缆(未示出)的保护壳124。线缆可用于将传感器探头100连接到外部装备,诸如接收和处理由传感器探头100传送的测量信号或数据的测量仪器。

[0060] 与罗戈夫斯基线圈14一样,罗戈夫斯基线圈114是柔性的并且具有在第一端150和第二端152之间延伸的长度。罗戈夫斯基线圈114可被构造成与上述罗戈夫斯基线圈14相同。

[0061] 类似于非接触式传感器20,非接触式传感器120(例如,非接触式电压传感器)在限定于主体112的一侧中的凹形鞍形件116内耦合到主体112。非接触式传感器120操作以感测待测绝缘导体中的电参数(例如,电压),而不需要与导体进行电流连接。附加地或另选地,一个或多个非接触式传感器可耦合到罗戈夫斯基线圈114。非接触式传感器120可电连接到线缆,使得来自传感器120的信号被发送到测量仪器以进行处理。在各种实施方案中,与前述的传感器20一样,非接触式传感器120可包括非接触式电压传感器、非接触式电流传感器、霍尔效应元件、电流变换器、磁通门传感器、各向异性(AMR)传感器、巨磁阻(GMR)传感器,或者操作以在不需要电流接触的情况下感测绝缘导体(例如,图8所示的导体80)的电参数的其他类型的传感器。

[0062] 传感器探头100还可包括处理或控制电路128,该处理或控制电路操作地耦合到非接触式传感器120和/或罗戈夫斯基线圈114。处理或控制电路128操作以处理从传感器120和/或罗戈夫斯基线圈114接收的传感器信号,并且将指示此类传感器信号的传感器数据发送到外部测量仪器中的控制电路。附加地或另选地,与控制电路28一样,控制电路128可包括调节或转换电路,该调节或转换电路操作以将传感器信号调节或转换成测量仪器可接收

的形式,诸如模拟形式或数字形式。

[0063] 对于传感器120可能有利的是尽可能靠近待测导体180(参见图16),并且在一些实施方式中,对于导体180可能有利的是相对于非接触式传感器120以特定取向(例如,垂直方向)定位。利用传感器探头100,罗戈夫斯基线圈114的环路能够选择性地调节,使得如图16所示,环路可围绕导体180紧固以适当地定位导体,从而可获得精确测量值。

[0064] 图11至图16示出了位于传感器探头100的主体112内部的部件。传感器探头100的主体112包括第一通道130和第二通道140。第一通道130和第二通道140各自具有彼此间隔开的相应的第一开口端134、144和第二开口端132、142。第一通道130和第二通道140大致彼此平行地延伸穿过主体112。

[0065] 罗戈夫斯基线圈114具有第一端150和第二端152。罗戈夫斯基线圈的第一端150固定在第一通道130内。罗戈夫斯基线圈114延伸出第一通道130的第一端134,穿过第二通道140的第一端144和第二端142,并且环回到第一通道130的第二端132,其中罗戈夫斯基线圈114的第二端152能够选择性地插入与罗戈夫斯基线圈114的第一端150相对的第一通道130中。非接触式传感器120耦合到主体112并且定位在第一通道130和第二通道140的相应第二端132、142之间。

[0066] 主体112的第二通道140的尺寸和大小被设计成容纳长度 $L_2$ 的罗戈夫斯基线圈114。罗戈夫斯基线圈的第一环路形成在第一通道130和第二通道140的相应第一开口端134、144之间。在第一通道130大致平行于第二通道140的情况下,第一通道130可具有与第二通道140相同的长度 $L_2$ 。当罗戈夫斯基线圈114的第二端插入第一通道130的第二端132中时,罗戈夫斯基线圈的第二环路形成在第一通道130和第二通道140的相应第二开口端132、142之间。第一环路和第二环路的尺寸能够通过罗戈夫斯基线圈114在第二通道140内的滑动运动来选择性地调节。当绝缘导体80位于由罗戈夫斯基线圈114形成的第二环路内时(参见图16),非接触式传感器120操作以感测绝缘导体180的至少一个电参数,而不需要与绝缘导体180电流接触。

[0067] 图14至图16示出了传感器探头110的前正视图,该传感器探头在操作时将绝缘导体180接收到罗戈夫斯基线圈114的内部区域118中。然后可抵靠导体180向下紧固罗戈夫斯基线圈114,以保持导体180靠近非接触式传感器120,类似于图7和图8所示的传感器探头10的操作。

[0068] 在图14中,罗戈夫斯基线圈114的第二端152从传感器探头100的主体112撤回,从而提供间隙170,该间隙允许绝缘导体进入罗戈夫斯基线圈114的内部区域118。图15示出了如图13所示的传感器探头100的前正视图,其中绝缘导体180位于罗戈夫斯基线圈114的内部区域118内。

[0069] 在图15和图16中,罗戈夫斯基线圈114的第二端152已被重新插入第一通道130中,从而围绕绝缘导体180闭合罗戈夫斯基线圈114的上环路。然后,传感器探头100的用户可抓握并拉动罗戈夫斯基线圈114的下部182。在罗戈夫斯基线圈114的第一端固定在第一通道130内的情况下,牵拉下部182有效地牵拉一定长度的罗戈夫斯基线圈114穿过第二通道140。罗戈夫斯基线圈114的穿过第二通道140直到抵靠绝缘导体180的罗戈夫斯基线圈114的上环路的长度如图16所示。在图16中,罗戈夫斯基线圈114已回缩以将绝缘导体180保持在适当位置。锁定机构160可向下拧到内侧以有助于固定回缩的罗戈夫斯基线圈114。

[0070] 在罗戈夫斯基线圈114的第二端152定位在第一端150附近的情况下,罗戈夫斯基线圈的靠近通道126的端部之间的间隙被最小化,这通过更好地抑制附近外部线的影响来改善由罗戈夫斯基线圈提供的电流测量值的精确性。

[0071] 可以看出,提供具有彼此大致平行的第一通道30、130和第二通道40、140的传感器探头10、100是有利的。当罗戈夫斯基线圈14、114滑动穿过第二通道40、140时,在通道中不存在曲线,否则通过摩擦可减少罗戈夫斯基线圈14、114穿过第二通道40、140的自由通行。一旦罗戈夫斯基线圈被向下系紧到待测绝缘导体80、180上,锁定机构60、160就更容易实现以有助于将罗戈夫斯基线圈14、114保持在适当位置。

[0072] 利用传感器探头10,主体12包括腔体36,该腔体接收罗戈夫斯基线圈的已经穿过第二通道40的部分。通过将罗戈夫斯基线圈14的该部分保持在主体12内,可防止外来线无意地穿过罗戈夫斯基线圈的下环路(与围绕绝缘导体80的环路相对),这将干扰导体80的精确测量。

[0073] 利用传感器探头100,罗戈夫斯基线圈114的下环路182提供了一种布置,传感器探头102的用户更容易抓握罗戈夫斯基线圈114并向下拉动线圈,以便感测绝缘导体180上的罗戈夫斯基线圈。

[0074] 虽然未在附图中明确示出,但传感器探头10、100可以通信地耦合到如上所述的测量仪器。测量仪器可具有任何合适的形式和/或功能。在至少一些实施方式中,测量仪器可包括主要部分或外壳。传感器探头10、100的接口连接器与测量仪器的对应接口连接器可拆卸地耦合。在至少一些实施方式中,传感器探头的接口连接器可被配置作为插头和插座中的一者,并且测量仪器的接口连接器可被配置作为插头和插座中的另一者。此外,在一些实施方式中,传感器探头可通过线缆固定地连接到测量仪器,或者传感器探头和测量仪器可一起形成在单个外壳中,使得不需要用来连接它们的线缆。

[0075] 测量仪器的主要部分可包括显示器和用户界面,该显示器呈现测量结果和其他信息,该用户界面用于输入信息,诸如测量指令或其他信息。显示器可以是任何合适类型的显示器,诸如液晶显示器(LCD)、发光二极管(LED)显示器、有机LED显示器、等离子显示器或电子墨水显示器。主要部分102可包括一个或多个音频或触觉输出(未示出),诸如一个或多个扬声器、蜂鸣器、振动设备等。用户界面可包括多个按钮、触控板、触摸屏、轮、旋钮、拨号盘和/或麦克风等中的任一者。

[0076] 测量仪器的主要部分还可包括电源,诸如电池或电池组,用于向测量仪器的各种组件供应电力并且也可能向传感器探头10、100供应电力。通常,测量仪器还包括控制电路,该控制电路控制合并设备(传感器探头和测量仪器)的各种操作,诸如从传感器探头接收信号、确定被测绝缘导体的一个或多个电参数,以及输出测量数据(例如,输出到显示器)。控制电路可包括一个或多个处理器(例如,微控制器、DSP、ASIC、FPGA)、一种或多种类型的存储器(例如,ROM、RAM、闪存存储器、其他非暂态存储介质)和/或一个或多个其他类型的处理或控制相关部件。

[0077] 在至少一些实施方式中,测量仪器可包括无线通信子系统,诸如Bluetooth®模块、Wi-Fi®模块、ZIGBEE®模块、近场通信(NFC)模块等。测量仪器可操作以经由无线通信子系统与外部系统诸如计算机、智能电话、平板计算机、个人数字助理等进行无线通信,以便将测量结果传输给外部系统或者从外部系统接收指令信号或输入信息。附加地或另选地,测量

仪器可包括有线通信子系统,诸如USB接口等。

[0078] 应当理解可组合以上所述的各种实施方案来提供另外的实施方案。在它们与本文的教导和定义不一致的程度上,2016年11月11日提交的美国临时专利申请号62/421,124中的公开;2018年11月6日公布的美国专利号10,119,998;2018年11月27日公布的美国专利号10,139,435;2019年5月7日公布的美国专利号10,281,503;2018年5月17日公布的美国授权前公布号2018/0136260和2019年7月16日公布的美国专利号10,352,967以及2019年11月14日公布的美国授权前公布号2019/0346492全文以引用方式并入本文。必要时,可以修改实施方案的各个方面,以采用各专利、专利申请和专利公布的系统、电路和概念来提供另外的实施方案。

[0079] 鉴于上文的详细说明,可以对这些实施方案作出这些和其他改变。一般来说,在以下权利要求书中,所用的术语不应被解释为将权利要求限制于本说明书和权利要求书中公开的具体实施方式,而应被解释为包括所有可能的实施方案以及这些权利要求赋予的等效物的全部范围。因此,权利要求并不受本公开内容所限定。

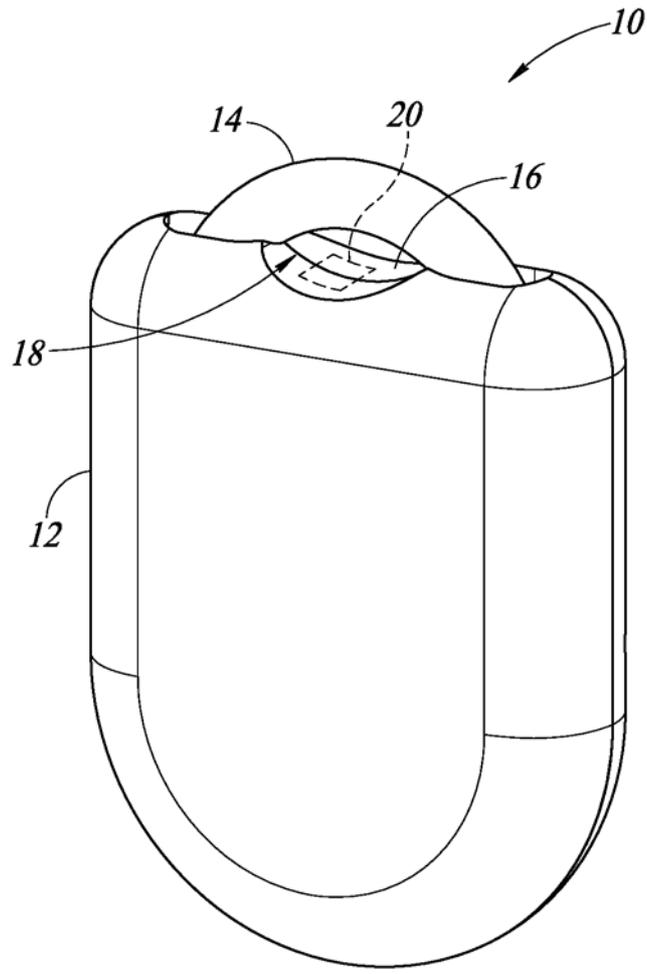


图 1

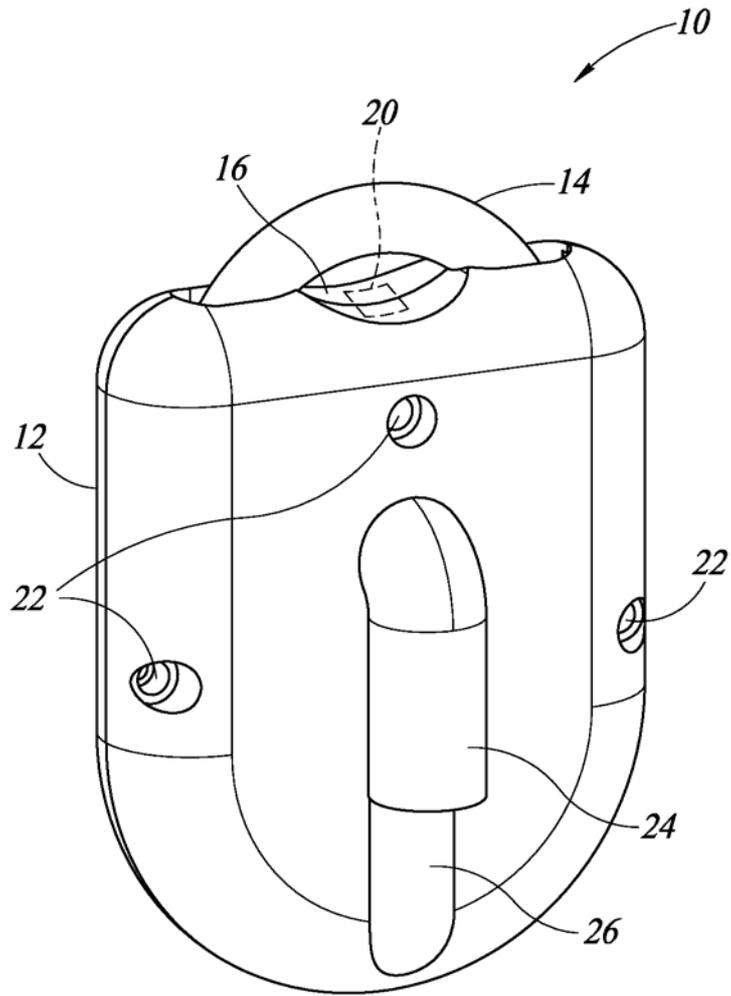


图 2

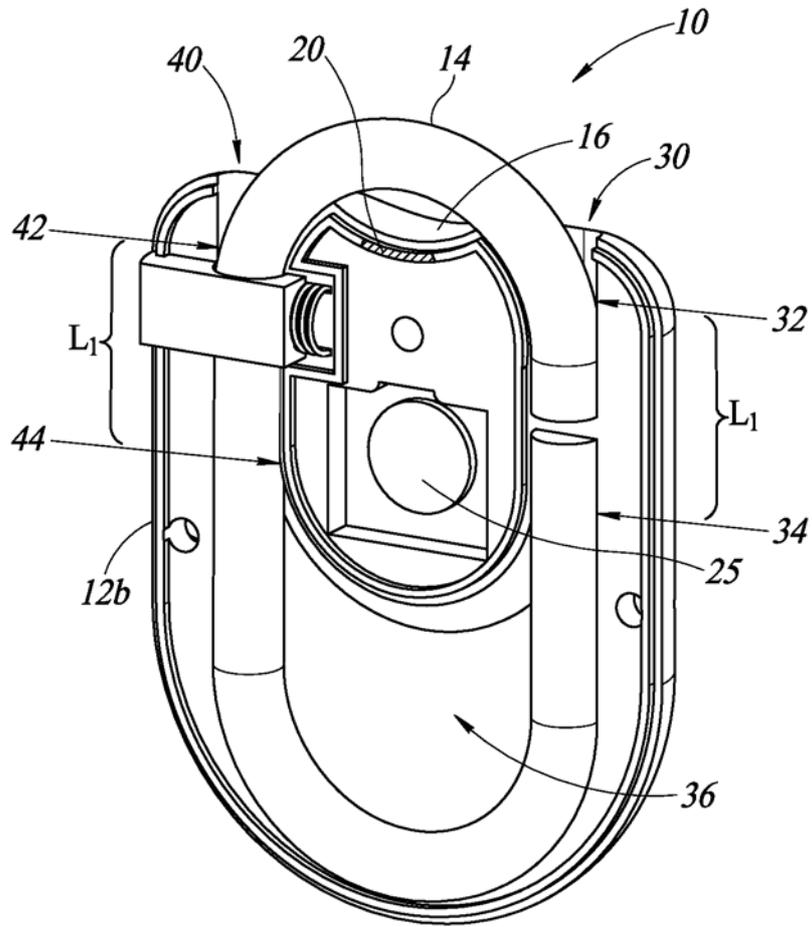


图 3

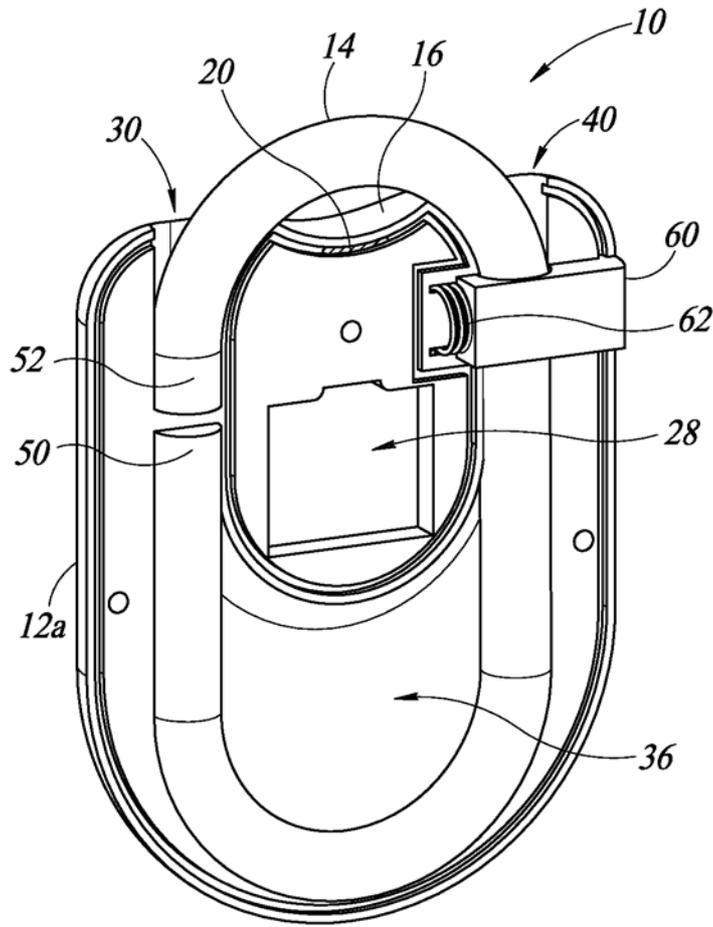


图 4

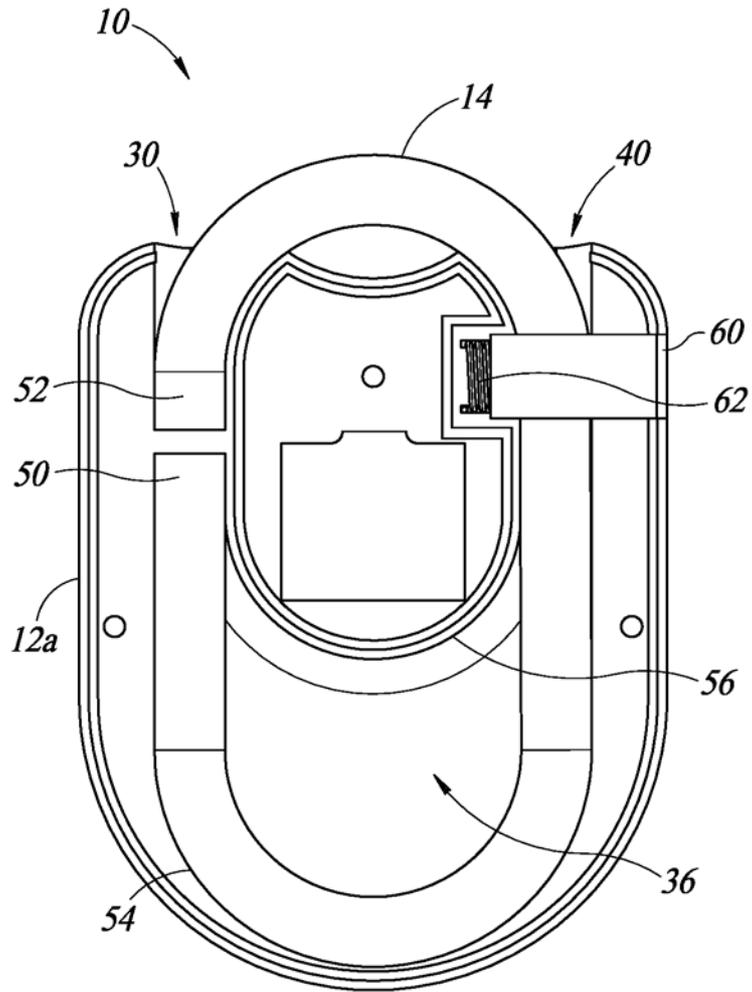


图 5

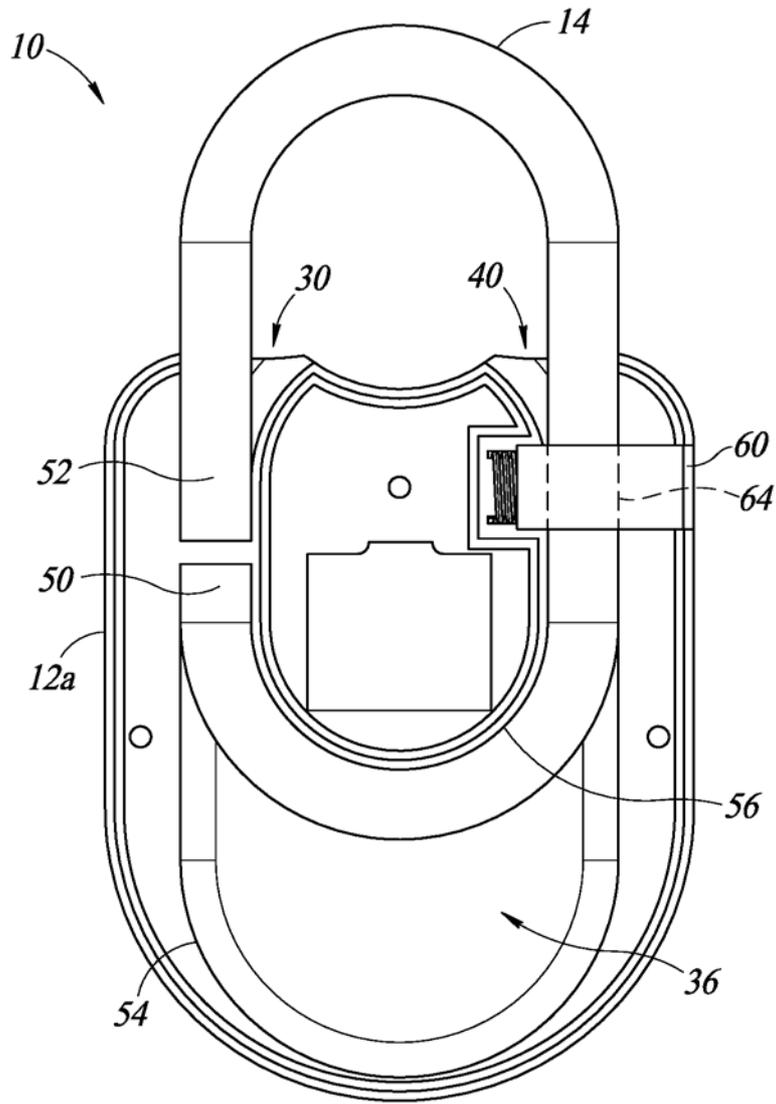


图 6

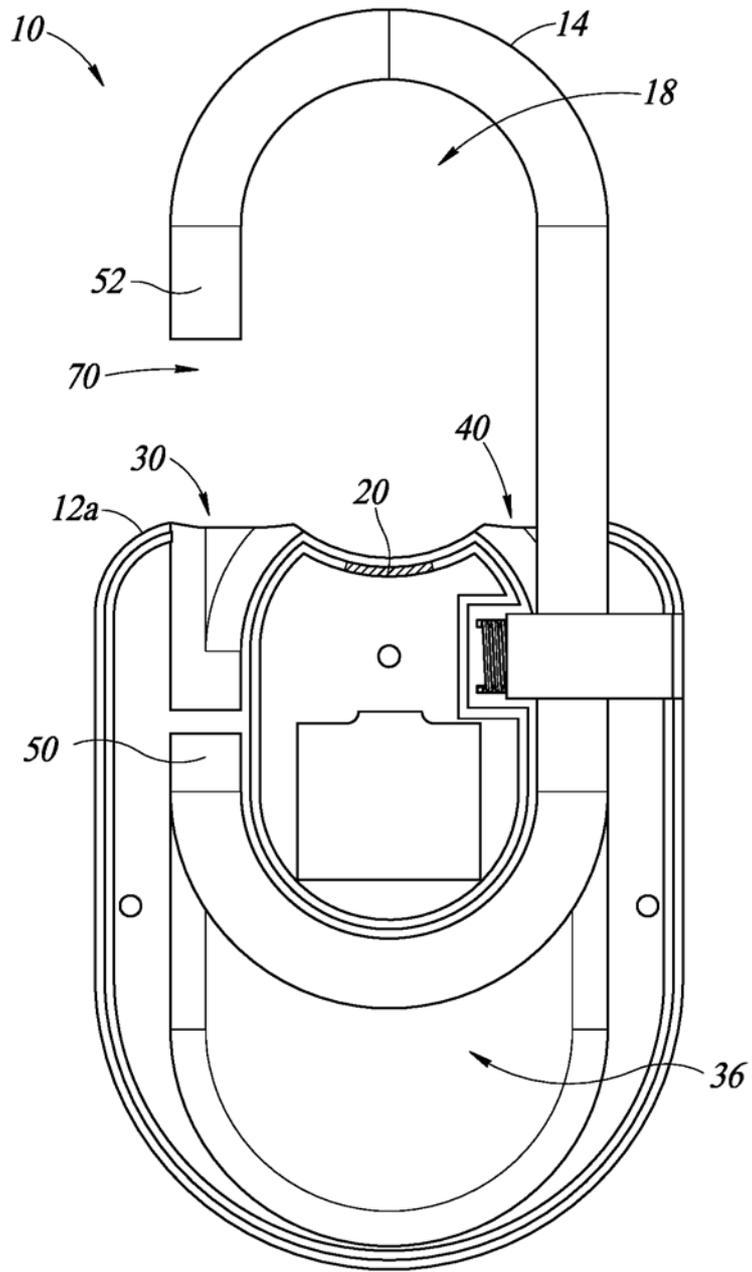


图 7

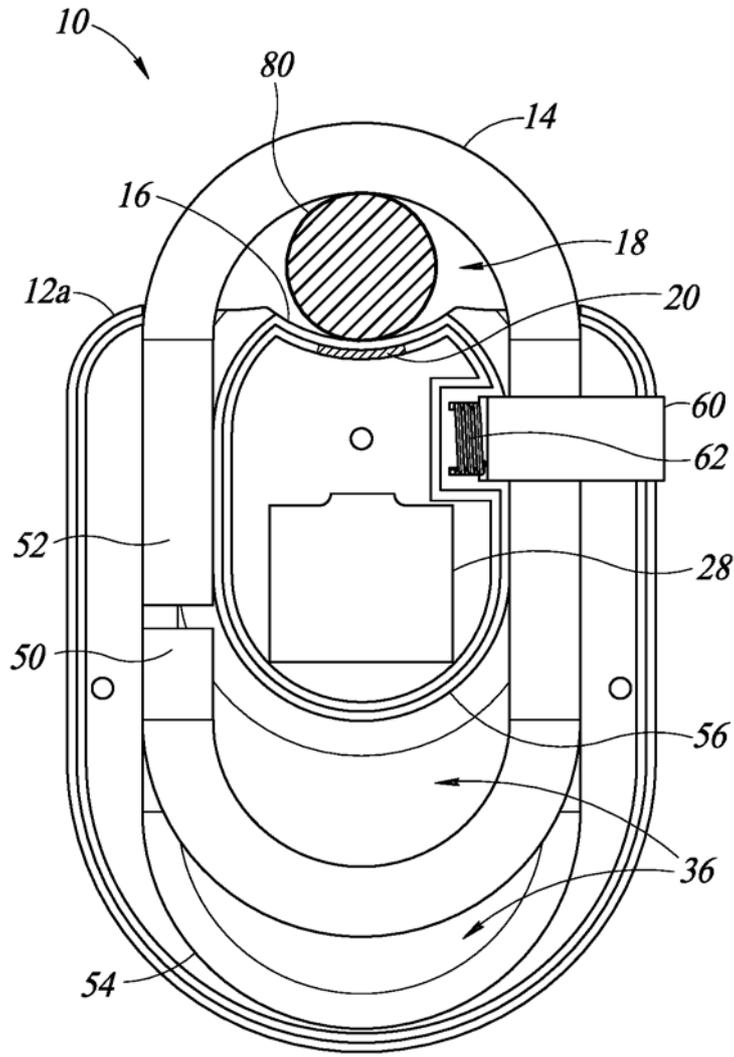


图 8

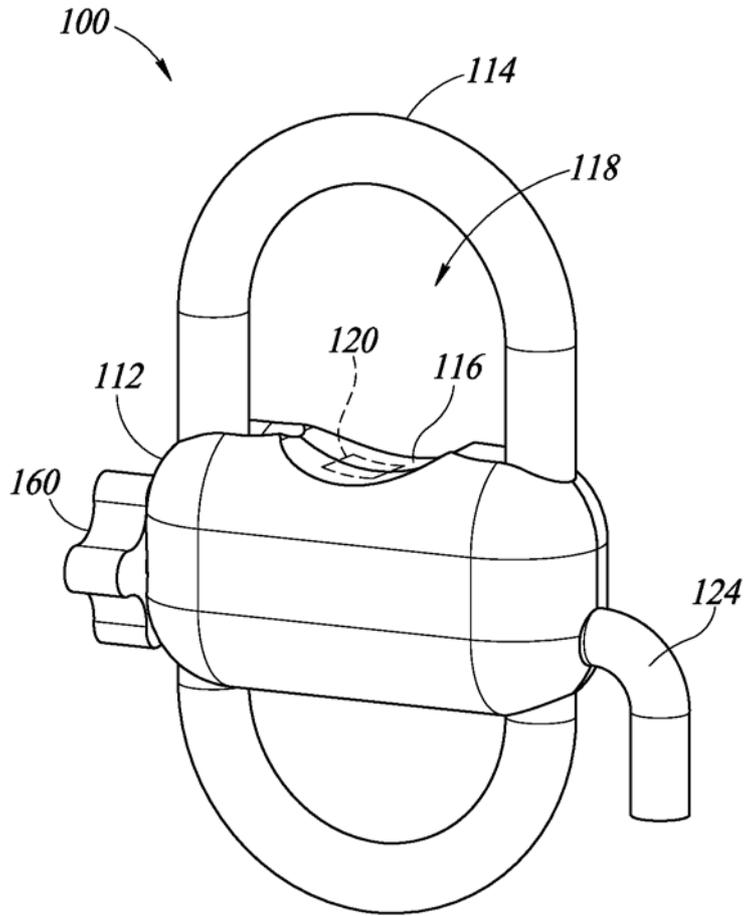


图 9

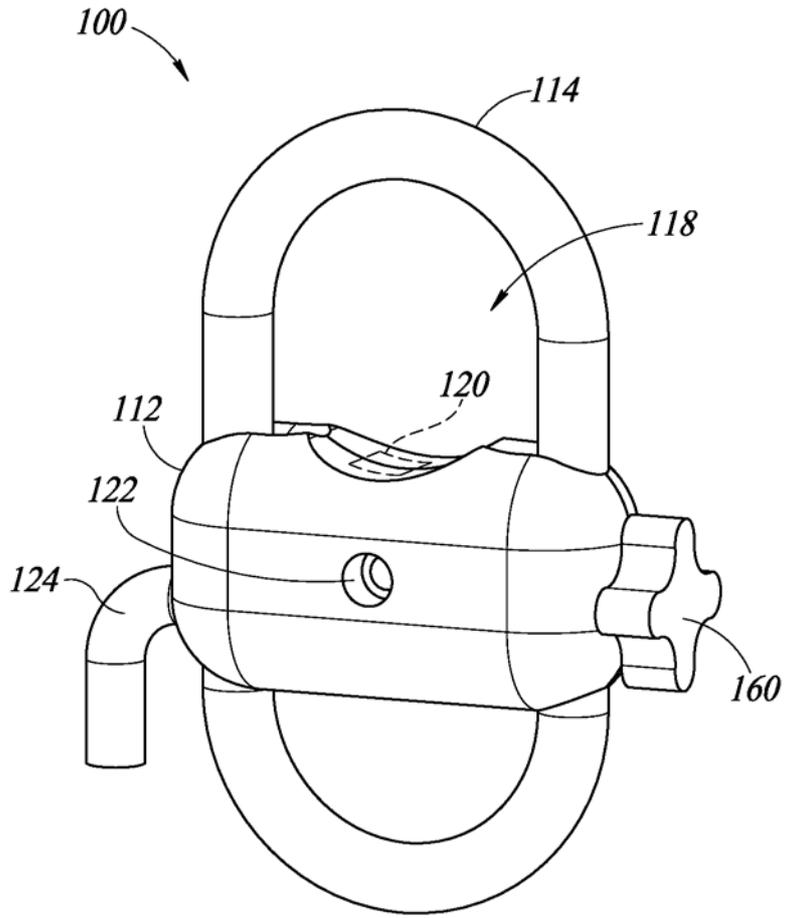


图 10

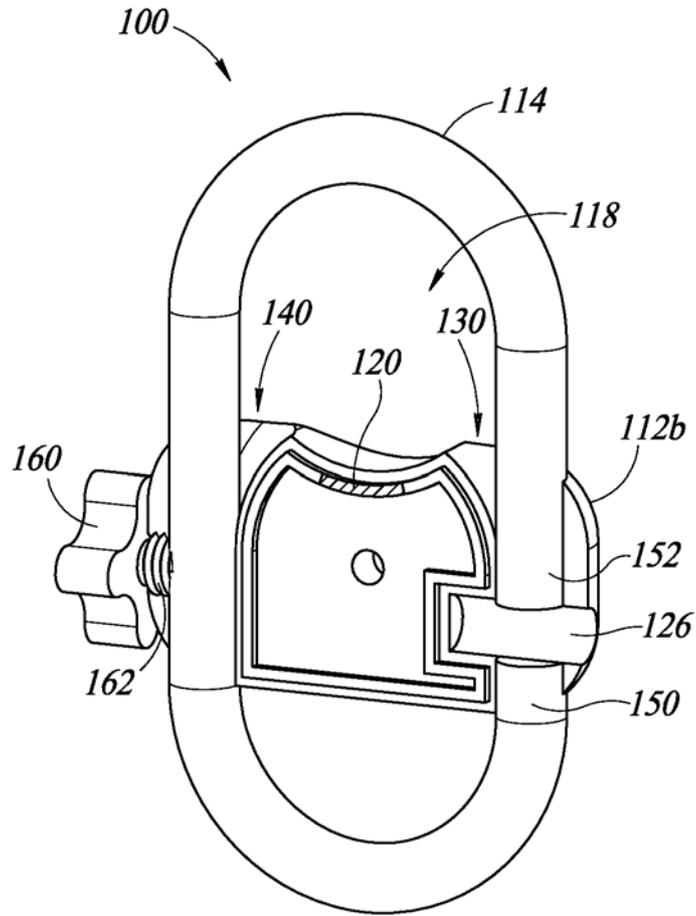


图 11

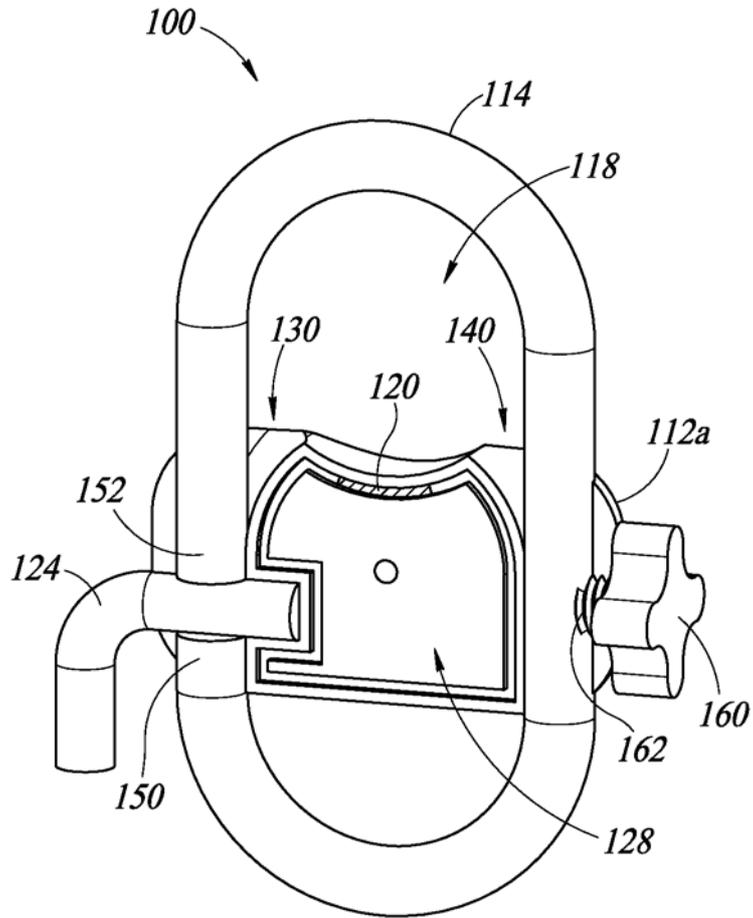


图 12

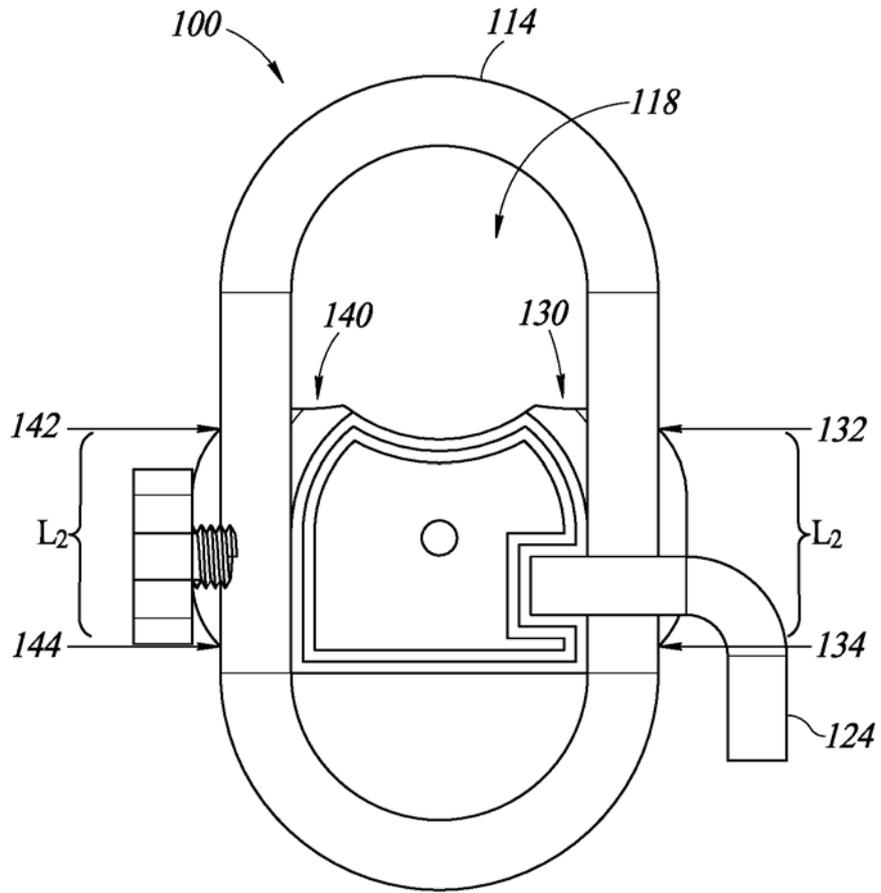


图 13

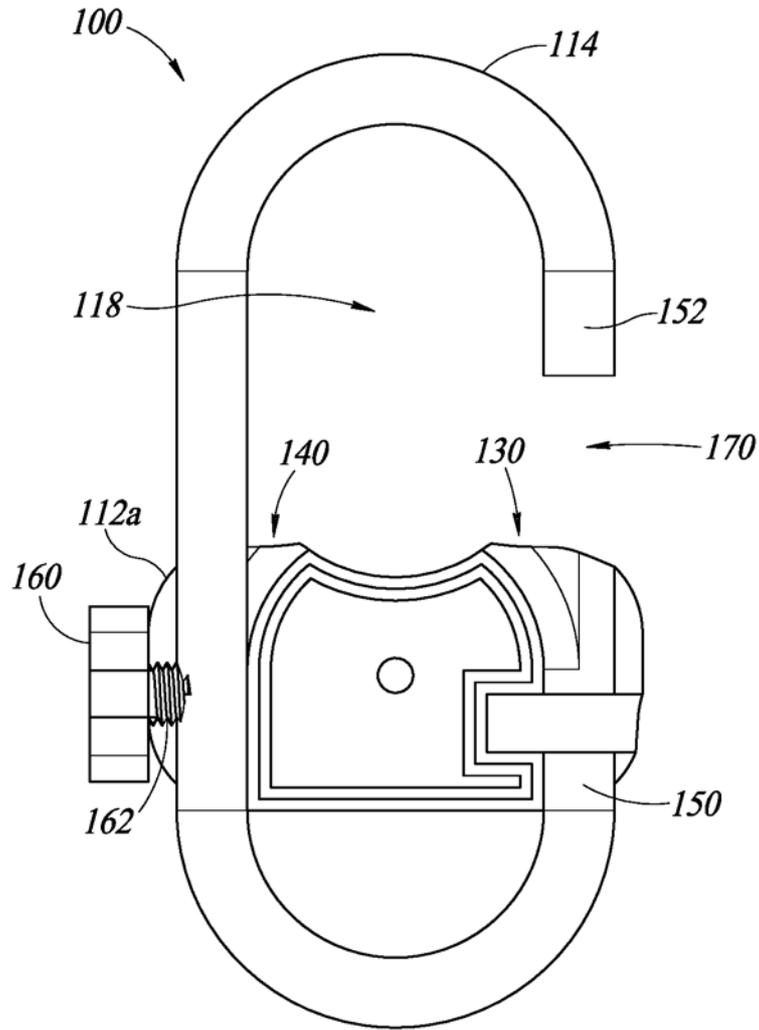


图 14

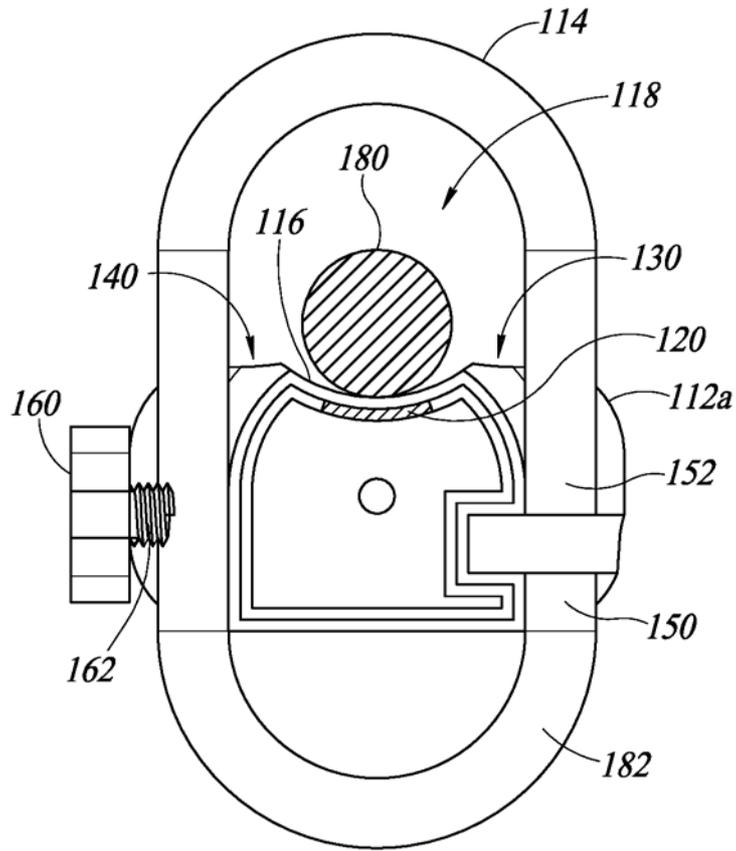


图 15

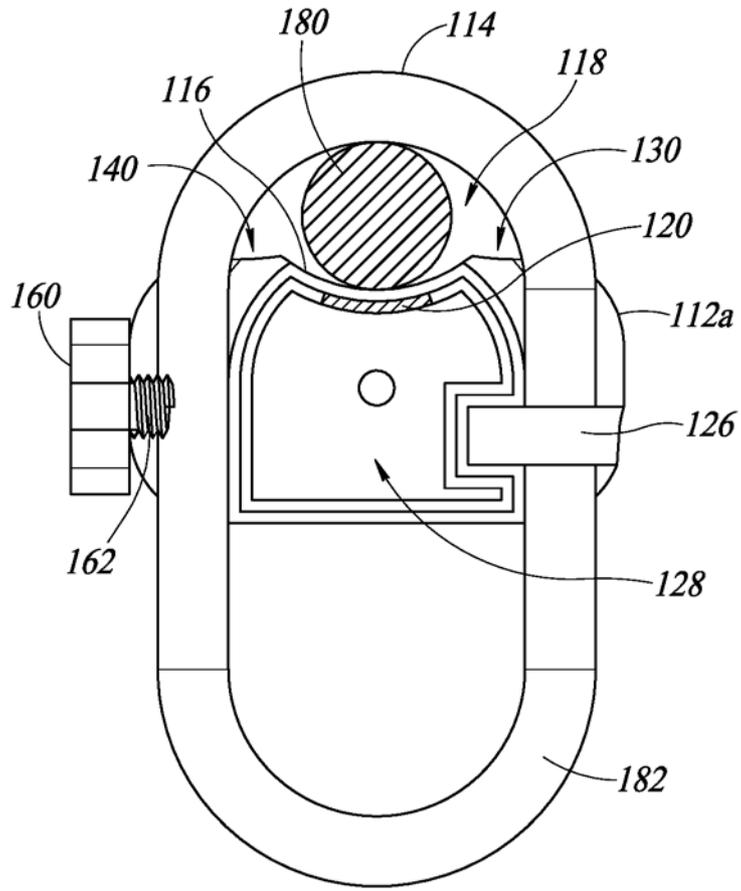


图 16