



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109564090 B

(45) 授权公告日 2021.10.15

(21) 申请号 201780049648.X

(22) 申请日 2017.04.26

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109564090 A

(43) 申请公布日 2019.04.02

(30) 优先权数据
62/395,162 2016.09.15 US
15/342,791 2016.11.03 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.02.13

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/029692 2017.04.26

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/052488 EN 2018.03.22

(73) 专利权人 沙特阿拉伯石油公司
地址 沙特阿拉伯达兰

(72) 发明人 F.阿布德拉蒂夫 H.艾尔-赛亚里

A.欧塔 A.阿默 S.帕特尔

A.奥贝丹 H.特里吉

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 贺紫秋

(51) Int.Cl.
G01B 17/02 (2006.01)
B63G 8/00 (2006.01)
G23F 13/22 (2006.01)
G01N 29/22 (2006.01)
G01N 29/265 (2006.01)

(56) 对比文件
EP 2762401 A1, 2014.08.06
US 6317387 B1, 2001.11.13
JP H058415 U, 1993.02.05
GB 2523235 A, 2015.08.19
CN 205368502 U, 2016.07.06

审查员 罗亚梅

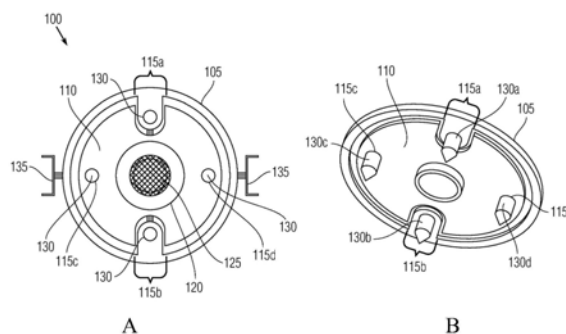
权利要求书3页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

集成超声波测试和阴极保护测量探针

(57) 摘要

本申请公开了集成探针和探针系统,它们可以附接到遥控航行器的机械臂以在水下表面处执行阴极保护(CP)电压测量和超声波测试(UT)厚度测量。在一些实施方案中,所述集成探针系统将内万向节和外万向节联接在一起,使得一个或多个导电引脚从所述外万向节穿过所述内万向节。这些引脚围绕超声波传感器布置,所述超声波传感器从所述内万向节的前表面延伸。当所述集成探针接触所述水下表面时,所述超声波传感器和至少一个引脚都接触所述表面,由此提供基本上同时的CP和UT测量。



1. 一种集成探针,其适于在水下表面处同时执行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量,所述集成探针包括:

外万向节,其具有前表面和后表面;

内万向节,其联接到所述外万向节以提供至少一个自由度,所述内万向节具有后表面和在其中限定腔体的前表面,并且所述内万向节成形为限定一个或多个入口,所述一个或多个入口在所述内万向节的前表面和后表面之间横向穿过;

传感器壳体,其安置在所述内万向节的所述腔体中;

设置在所述传感器壳体内部的超声波探针,所述超声波探针具有换能器晶体和围绕所述换能器晶体布置的柔性膜,以及设置在所述柔性膜与所述换能器晶体之间的间隙内的耦合剂;和

一个或多个引脚,每个引脚具有导电尖端和包含参考电极的水下壳体,每个引脚经由所述一个或多个入口远离所述外万向节纵向地延伸并围绕所述超声波探针布置,

其中所述一个或多个引脚响应于当所述一个或多个引脚接触所述水下表面时施加的力而能够被动地调整。

2. 如权利要求1所述的集成探针,其中所述内万向节成形为限定一个或多个入口为沿着所述内万向节的圆周形成的凹口。

3. 如权利要求1所述的集成探针,其中所述内万向节成形为限定一个或多个入口为横向形成穿过所述内万向节的横截面的孔。

4. 如前述权利要求中任一项所述的集成探针,其中至少一个引脚沿着所述内万向节的圆周穿过由所述内万向节限定的入口,并且至少一个引脚穿过由所述内万向节限定的入口,所述入口作为横向于所述内万向节的孔。

5. 如权利要求1所述的集成探针,其还包括铰接支架和球形脚轮,所述铰接支架具有与所述内万向节的所述后表面一体形成的第一端,所述球形脚轮设置在第二端处,其中所述球形脚轮联接到所述外万向节以向所述内万向节提供所述至少一个自由度。

6. 如权利要求5所述的集成探针,其中所述铰接支架为圆锥形,其中所述第一端朝向所述第二端渐缩。

7. 如权利要求5所述的集成探针,所述外万向节是静止底座,所述静止底座限定c形通道凹槽,所述c形通道凹槽的尺寸和形状被设计成与所述球形脚轮联接。

8. 如权利要求1所述的集成探针,其中所述导电尖端由不锈钢制成。

9. 如权利要求1所述的集成探针,其中所述外万向节包括c形通道凹槽,所述c形通道凹槽在所述外万向节的所述前表面处居中形成。

10. 如权利要求1所述的集成探针,其中所述一个或多个引脚围绕所述超声波探针布置为两对径向相对的引脚。

11. 如权利要求1所述的集成探针,其中所述至少一个自由度由将所述内万向节联接到所述外万向节的一个或多个旋转接头提供。

12. 如权利要求1所述的集成探针,其中所述至少一个自由度由将所述外万向节联接到外部支架的一个或多个旋转接头提供。

13. 一种集成探针,其适于同时执行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量,所述集成探针包括:

超声波传感器主体；

超声波测试缆线，其设置在所述超声波传感器主体的第一端处；

超声波探针，其设置在所述超声波传感器主体的第二端处；

壳体，其限定穿过其中的孔，其中所述孔居于所述壳体中，并且其中所述超声波探针安置在所述孔中，所述壳体还包括导电部分；和

导电引线，其连接到所述导电部分并从所述导电部分延伸。

14. 如权利要求13所述的集成探针，其中所述超声波探针包括超声波元件和柔性膜，所述柔性膜围绕所述超声波传感器主体相邻地间隔开以在所述超声波元件与所述柔性膜之间限定间隙，其中所述间隙填充有耦合剂。

15. 如权利要求13所述的集成探针，其中所述壳体是完全导电的。

16. 一种用于在水下表面处执行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量的集成探针，其包括：

外万向节，其具有前表面和后表面；

内万向节，其联接到所述外万向节以提供至少一个自由度，所述内万向节具有在其中限定腔体的前表面；

传感器壳体，其安置在所述内万向节的所述腔体中；

设置在所述传感器壳体内的超声波探针，其中所述超声波探针包括柔性膜，所述柔性膜围绕换能器晶体布置使得在它们之间限定间隙并在所述间隙中填充耦合剂；和

电压电极，其通信地联接到参考电极，其中所述电压电极设置在所述集成探针的导电部分处，且所述参考电极与所述电压电极电绝缘。

17. 如权利要求16所述的集成探针，其中所述参考电极是银/氯化银半电池。

18. 如权利要求16所述的集成探针，其中所述内万向节成形为限定在所述内万向节的所述前表面与所述后表面之间横向穿过的一个或多个入口，并且所述导电部分包括一个或多个引脚，每个引脚具有导电尖端并经由所述一个或多个入口远离所述内万向节纵向地延伸并围绕所述超声波探针布置，其中所述一个或多个导电引脚能够被动地调整。

19. 如权利要求18所述的集成探针，其中所述电压电极是所述一个或多个引脚的所述导电尖端中的一个或多个。

20. 如权利要求16所述的集成探针，其中，所述参考电极设置在遥控水下航行器内。

21. 一种集成探针，其适于在水下表面处同时执行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量，所述集成探针包括：

探针支架，其相对于静止底座具有至少一个自由度，所述探针支架具有联接到所述静止底座的后表面和具有导电部分并在其中限定腔体的前表面；

传感器壳体，其安置在所述探针支架的所述腔体中；和

设置在所述传感器壳体内的超声波探针，所述超声波探针具有换能器晶体和围绕所述换能器晶体布置的柔性膜，以及设置在所述柔性膜与所述换能器晶体之间的间隙内的耦合剂。

22. 如权利要求21所述的集成探针，所述导电部分包括围绕所述超声波探针布置的一个或多个引脚，每个引脚具有导电尖端和包含参考电极的水下壳体，并且远离所述探针支架纵向延伸，其中所述一个或多个引脚响应于当所述一个或多个引脚接触所述水下表面时

施加的力而能够被动地调整。

集成超声波测试和阴极保护测量探针

技术领域

[0001] 本专利申请总体上涉及测试和测量机构,并且更具体地涉及用于在水下环境中超声地测量厚度和执行阴极保护电压读数的探针系统。

背景技术

[0002] 为了非破坏性地测量结构的厚度,一种常见的做法是使测量装置在结构的表面发射超声波并测量超声波返回到测量装置所消耗的时间。超声波测试(“UT”)适用于测量金属结构(诸如水下结构(如船体、桩、管道和隔水管))的厚度。为了限制对此类水下表面的腐蚀作用,应用阴极保护技术(“CP”)。在CP中,水下结构的金属表面被制成电化学电池(例如,原电池)的阴极,并且该表面涂覆有具有更大负电极电位的另一种金属(例如,锌、镁、铝),该金属起阳极作用。然后,阳极金属腐蚀,但是该结构表面没有腐蚀。为了确保CP按预期工作,通常测量结构表面处的电压。通常,对于水下结构,使用遥控航行器(remotely operated vehicle)(“ROV”)或潜水员来执行CP和UT测量。在任一种情况下,由于常规ROV所固有的负载和后勤限制,CP和UT测量通过单独的ROV机械臂处的两个探针或者通过在单个臂处将一个探针替换为另一个探针来执行。在任一种情况下,切换或重新调整探针以执行重复的CP和/或UT测量是耗时且昂贵的。另外地,由于常规CP和UT探针系统的重量以及对双臂ROV系统的需求,仅较大的工作级ROV能够附接两个臂以在单次行程中交替执行这两种测量。然而,工作级ROV不适于又浅又有限的可接近性(例如,小腔体内的表面)检查区域。因此,需要一种集成CP和UT探针系统,其可以联接到仅具有单个机械臂的更小和更轻的ROV。

[0003] 针对这些问题提供了本申请。

发明内容

[0004] 根据本发明的广义方面,提供了集成探针系统,其可以基本上同时执行阴极保护(CP)电压读数和超声波测试(UT)厚度测量这两者。

[0005] 根据本发明的一方面,所述集成探针系统的实施方案包括:外万向节,其具有前表面和后表面;和内万向节,其联接到所述外万向节以提供至少一个自由度。所述内万向节可以包括在其中限定腔体的前表面,并且所述内万向节可以成形为限定一个或多个入口,所述一个或多个入口在所述内万向节的所述前表面与所述后表面之间横向穿过。在一些实施方案中,所述入口由所述内万向节限定为沿着所述内万向节的圆周形成的凹口。在其他实施方案中,所述入口由所述内万向节限定为横向形成穿过所述内万向节的孔。在一个或多个实施方案中,所述集成探针系统包括铰接支架和球形脚轮(ball caster),所述铰接支架具有与所述内万向节的所述后表面一体形成的第一端,所述球形脚轮设置在第二端处,其中所述球形脚轮联接到所述外万向节以向所述内万向节提供所述至少一个自由度。

[0006] 继续本发明的这一方面,在一个或多个实施方案中,所述集成探针系统包括安置在所述内万向节的所述腔体中的传感器壳体。超声波探针在所述传感器壳体内,所述超声波探针具有换能器晶体和围绕所述换能器晶体布置的柔性膜,以及设置在所述柔性膜与所

述换能器晶体之间的间隙内的耦合剂。此外,一个或多个引脚(每个引脚具有导电尖端和包含参考电极的水下壳体)经由所述一个或多个入口远离所述外万向节纵向地延伸并围绕所述超声波探针布置,使得所述一个或多个引脚响应于当所述一个或多个引脚接触所述水下表面时施加的力而能够被动地调整。

[0007] 根据本发明的另一方面,所述集成探针系统的实施方案包括:超声波传感器主体;超声波测试缆线,其设置在所述超声波传感器主体的第一端处;和超声波探针,其设置在所述超声波传感器主体的第二端处。在一个或多个实施方案中,所述超声波探针包括超声波元件和柔性膜,所述柔性膜围绕所述超声波传感器主体相邻地间隔开以在所述超声波元件与所述柔性膜之间限定间隙,其中所述间隙填充有耦合剂。此外,所述集成探针系统可以包括壳体,所述壳体限定穿过其中的孔,其中所述孔居于所述壳体中并且其中所述超声波探针安置在所述孔中,并且所述壳体还包括导电部分。另外地,所述集成探针系统包括导电引线,其连接到所述导电部分并从所述导电部分延伸。

[0008] 根据本发明的另一方面,提供了用于基本上同时在水下表面处执行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量的系统的实施方案。所述系统包括具有测量臂的遥控水下航行器,其中末端执行器设置在所述测量臂的自由端处。另外地,所述系统包括集成探针,其用于测量阴极保护电压和超声波测试厚度测量,所述集成探针联接到所述末端执行器。在一个或多个实施方案中,所述集成探针系统包括:外万向节,其具有前表面和后表面;和内万向节,其联接到所述外万向节以提供至少一个自由度。所述内万向节具有在其中限定腔体的前表面,并且所述内万向节成形为限定一个或多个入口,所述一个或多个入口在所述内万向节的所述前表面与所述后表面之间横向穿过。所述集成探针还包括:传感器壳体,其安置在所述内万向节的所述腔体中;和设置在所述传感器壳体内的超声波探针,其中所述超声波探针包括柔性膜,所述柔性膜围绕换能器晶体布置使得在它们之间限定间隙并在所述间隙中填充耦合剂。此外,电压电极通信地联接到参考电极,其中所述电压电极设置在所述末端执行器或所述集成探针处,并且所述参考电极设置在所述遥控水下航行器内。

[0009] 根据本发明的另一方面,提供了在水下表面上用集成探针执行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量的方法的实施方案,所述集成探针具有超声波探针和带导电尖端的至少一个引脚。所述方法包括靠近所述水下表面定位遥控航行器,其具有至少一个机械臂,所述机械臂具有设置在所述机械臂的自由端处的臂末端执行器和联接到所述臂末端执行器的所述集成探针。所述方法然后包括使所述水下表面与所述集成探针接触并使所述集成探针横向于所述水下表面定向,使得所述超声波探针和带导电尖端的所述至少一个引脚接触所述水下表面。然后,所述方法通过所述至少一个引脚测量所述水下表面处的电压并通过所述超声波探针测量所述水下表面的厚度而继续。此外,在一个或多个实施方案中,所述方法然后包括通过容纳在所述遥控航行器内的信号调节器处理所述水下表面的所述电压和所述厚度以产生数据文件。所述方法通过将所述数据文件传输到容纳在所述遥控航行器内的数据采集单元而继续。另外地,所述方法包括通过所述数据采集单元处理所述数据文件以记录、查看或分析所述水下表面的所述电压和所述厚度。

[0010] 根据本发明的又一方面,所述集成探针系统的实施方案包括:探针支架,其相对于静止底座具有至少一个自由度;联接到所述静止基底的后表面;和具有导电部分并在其中限定腔体的前表面。此外,所述导电部分可以包括围绕所述超声波探针布置的一个或多个

引脚,每个引脚具有导电尖端和包含参考电极的水下壳体,并且远离所述探针支架纵向延伸,其中所述一个或多个引脚响应于当所述一个或多个引脚接触所述水下表面时施加的力而能够被动地调整。在一个或多个实施方案中,所述集成探针系统包括:传感器壳体,其位于所述探针支架的所述腔体中;设置在所述传感器壳体内的超声波探针,所述超声波探针具有换能器晶体和围绕所述换能器晶体布置的柔性膜,以及设置在所述柔性膜与所述换能器晶体之间的间隙内的耦合剂。

附图说明

[0011] 附图示出了示例性实施方案,而不意图限制本发明。在附图中,类似的附图标记意图指代相同或相应的部分。

[0012] 图1A示出了根据本申请的至少一个实施方案的集成CP和UT探针系统的正视图;

[0013] 图1B示出了图1A的集成CP和UT探针系统的等距侧视图;

[0014] 图2A示出了根据本申请的备选实施方案的集成CP和UT探针系统的正视图;

[0015] 图2B示出了图2A的备选探针系统的侧视图;

[0016] 图3A示出了根据本申请的另一个备选实施方案的集成CP和UT探针的俯视剖视图;

[0017] 图3B示出了图3A的集成CP和UT探针的等距侧视图;

[0018] 图4示出了根据本申请的另一个备选实施方案的与机械臂结合的集成CP和UT探针系统的透视图;和

[0019] 图5是示出了根据本申请的至少一个实施方案的实施附接到ROV的集成CP和UT探针系统的检查系统的侧视图的简化示意图,其中CP参考电极和CP电压探针在探针与ROV主体之间被分开。

具体实施方式

[0020] 现在参考附图描述本发明,这些附图形成本发明的一部分并通过图示方式示出了本发明的示例性实现方式和/或实施方案。应当理解的是,在不脱离本发明的精神的情况下,可以实施其他实施方案并且可以进行结构改变。除其他之外,例如,所公开的主题可以被实施为方法、装置、部件或系统。

[0021] 此外,应当认识到术语可能具有在上下文中建议或暗示的超出明确说明的含义之外的细微含义。同样,如本文所使用的短语“在一个实施方案中”不一定指代相同的实施方案,并且如本文所使用的短语“在另一个实施方案中”不一定指代不同的实施方案。例如,期望要求保护的主体可以基于单独的示例性实施方案的组合或者单独的示例性实施方案的部分的组合。

[0022] 根据本申请,提供了涉及用于使用超声波测试(UT)测量阴极保护(CP)电压和测量表面厚度的集成探针和集成探针系统的实施方案,其中每次测量之间的延迟最小化。通过这种方式,可以基本上同时执行CP和UT测量。例如,CP和UT测量都可以在特定水下表面(或“检查表面”)(诸如水下管道或桩或者停泊船体的下侧)的单次触地期间执行。

[0023] 一方面,如本文的一个或多个实施方案中提供的集成探针可以在例如臂端执行器的自由端处联接到遥控航行器(ROV)的单个机械臂。典型ROV的结构限制将它们的机械臂限制为每个机械臂仅单个可互换或永久安装的探针,并且此类臂缺乏执行同时CP和UT测量所

需的灵活性。因此,常规上,为了使ROV在单次行程中执行CP和UT测量,它必须具有至少两个机械臂。每个机械臂都很重,并且仅大型的工作级ROV可以包括两个或更多个机械臂。在一些情况下,常规的测量方法需要在该臂处进行完整的探针交换(例如,从CP到UT,或反之亦然)以执行第二次测量。此类有限的致动能力导致固有的延迟(并因此由于必然增加ROV时间而增加成本),这是因为两个探针测量系统必须在两个完全独立的CP和UT探针之间切换,并且必须将第二探针重新定向到同一检查表面,在该检查表面上进行了第一次探针测量。本申请不需要通过ROV的单独机械臂或通过要求交换探针附件来实施两个单独的CP和UT探针或探针系统。

[0024] 此外,本文的集成探针系统提供了可由仅具有单个机械臂的小型轻质级ROV(诸如电动ROV、通用级ROV、检查级ROV和观察级ROV)实施的优点。如果检查表面存在可接近性问题(例如,浅水区域),或者存在电源限制,则可能需要较小的ROV。

[0025] 在一个或多个实施方案中,集成探针系统包括中央UT传感器或换能器(例如,压电陶瓷晶体),其具有周围的导电引脚阵列,这些导电引脚具有铰接和被动可调的尖端或固定装置。导电引脚不是刚性的,而是针对它们接触水下表面的方式具有一定的柔性。通过这种方式,当导电引脚接触水下表面时,它们被动地调整以使UT传感器横向于检查表面定向。同时,引脚传导与表面(诸如与导电钢尖端)相关联的阴极保护电压,由此用作CP探针。通过这种方式,可以基本上同时进行CP和UT测量,由此减少测量检查时间、添加到机械臂的尺寸和重量,以及提高ROV灵活性。

[0026] 现在参考图1A至图1B,提供了根据本申请的一个或多个实现方式的用于在水下表面处进行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量的集成探针系统100。集成探针100包括外万向节105,其起用于联接到机械臂的底座安装部的作用。例如,外万向节105的后表面可以在末端执行器或其他静止底座处联接到ROV测量臂,如所属领域中已知的。外万向节105通常为圆柱形,但是可以适当地实施矩形、椭圆形或其他形状。外万向节105可以由不锈钢或适合于水下检查的其他合金制成。

[0027] 在一个或多个实施方案中,内万向节110联接到外万向节105。例如,内万向节110通过以下一者或多者联接到外万向节105:螺钉、螺纹、螺栓、粘合剂、凸形和凹形联接构件、接头、膜片联轴器、球窝(ball and socket)、凸轮和凹槽联轴器等。内万向节110可以由不锈钢或适合于水下检查的其他合金制成。优选地,内万向节110被模制以限定一个或多个入口115a、115b、115c、115d(以及更一般地,入口115)以使一个或多个导电引脚130穿过内万向节或围绕内万向节的圆周。导电引脚130用作阴极保护电压电极。在一个或多个实施方案中,入口115a、115b被限定为沿着内万向节110的圆周形成的凹口,这些凹口呈凹形、矩形、三角形或被设计成促进引脚130的被动调整的其他形状。在一个或多个实施方案中,入口115c、115d被限定为形成穿过内万向节110的窄的横向宽度的孔。例如,孔型入口115c、115d可以是内万向节110的横截面。集成探针100还可以包括凹口型入口115a、115b与孔型入口115c、115d的组合。通过这种方式,可以预期由内万向节110限定的入口115和引脚130的不同布置,其更适合于被动地调整到特定的检查表面。此外,在一些实施方案中,引脚130穿过入口115可以用于将内万向节110联接到外万向节105。

[0028] 传感器壳体120植入在内万向节110的前表面处并至少部分地悬挂超出前表面。在一个或多个实施方案中,传感器壳体120在内万向节110的前表面处被植入在限定于该前表

面中的腔体中。例如,传感器壳体120可以包括依次连接的由不锈钢或其他合金制成的滚花环、柔性膜以及锁环。在一个或多个实施方案中,传感器壳体120位于内万向节110的中心。在一个或多个实施方案中,传感器壳体120位于外万向节105或内万向节110的圆周边缘上。超声波探针125包含在传感器壳体120内并布置在柔性膜下方。在一个或多个实施方案中,超声波探针125包括单个压电陶瓷晶体。在另一个实施方案中,超声波探针125包括多个压电陶瓷晶体。可以选择超声波探针125以发射和接收各种特定频率的超声波。例如,超声波传感器可以在2.0MHz、2.25MHz、3.5MHz、5.0MHz或7.5MHz的频率下操作。为了促进超声波传输,膜耦合剂的膜位于例如超声波探针125与传感器壳体120的柔性膜之间的间隙内。膜耦合剂可以包括用于使传感器与膜之间的间隙中的空气量最小化的粘性液体、凝胶或糊状物。例如,膜耦合剂可以是丙二醇、甘油、硅油或各种市售凝胶。

[0029] 通过测量一个或多个参考电极(或“参考电池”)与接触检查表面的一个或多个电压电极之间的电压差来提供集成探针系统100的CP探针功能性。参考电极与电压电极保持电绝缘,并且通常浸没在水中(诸如水下环境本身)。在一个或多个实施方案中,通过一个或多个导电引脚130提供集成探针系统100的CP探针功能性,这些导电引脚纵向延伸超出外万向节105的前表面。引脚130可以与外万向节105一体形成,或者可以是安装在外万向节处的单独的阴极探针。在任一种情况下,引脚被铰接(即,连接)以允许移动的灵活性。在一个或多个实施方案中,一个或多个引脚130穿过由内万向节110限定的一个或多个入口115。在一个或多个实施方案中,引脚130包括:水下壳体131,其包含一个或多个参考电池,其内部用作参考电极;以及导电尖端132,其在壳体的端部处,用作电压电极。导电尖端132由导电金属(诸如钢或可以在待测量水下表面处传导电压的其他合金)制成。容纳在水下壳体131中的参考电池必须暴露于水中,并且可以是常规阴极保护电位探针结构中使用的类型,诸如银/氯化银半电池或纯锌电极。在其他实施方案中,参考电极位于ROV或其机械臂的外表面处或容纳在ROV或其机械臂内。导电引脚130与电压处理装置(诸如电压表(未示出))电连接,该电压处理装置可以位于集成探针系统100、ROV或表面侧处以便记录和/或显示电压在测量区域处读取的读数。在实施ROV的实施方案中,ROV可以具有通向表面上位置的脐带式缆线(umbilical cable),以通过电缆将电压表联接到引脚130的非尖端,使得当导电尖端132接触水下表面(例如,管道)时,通过电压表测量电位。引脚130的尖端132之一处的至少一个电压电极必须与检查表面接触以获得精确的阴极电位读数,但是当产生读数时,每个引脚130不必与检查表面接触。本申请在电压读取期间不会遭受由于由每个支脚130呈现的各种电阻路径而引起的不准确的读数。

[0030] 在一个或多个实施方案中,引脚130的尖端132成形为具有圆形或椭圆形底座的锥形。在其他实施方案中,引脚130的尖端132为金字塔形、矩形棱柱、半圆形、尖的、扁平的或具有圆形端部。通过这种方式,尖端132可重新配置或可互换以实现各种接触配置。例如,尖端132可以是移动金属辊、轮式尖端或球形脚轮,而不是静止不锈钢尖端。这样的配置将减少在检查表面(例如,管道的钢表面)处触底时对ROV臂末端执行器的影响,并且当执行扫描而不是抽查时允许跨越检查表面的平移运动。

[0031] 在集成探针系统100的操作期间,为了基本上同时执行CP和UT测量这两者,集成探针系统的CP和UT方面都需要接近检查表面。足够的接近度取决于超声波探针125的校准,这意味着超声波探针由于探针与表面之间的水的性质、表面的材料以及其他考虑因素而具有

一定的有效测量范围。例如,超声波探针125的有效测量范围意味着它需要邻接检查表面或在检查表面的几毫米以内以执行成功的测量。如果超声波探针125离检查表面更远,则它将失去信号完整性并且不能获得读数。在一个或多个实施方案中,超声波探针125具有0mm至2mm的有效测量范围。超声波探针125离检查表面越远,UT测量的准确度就越低。在一个或多个实施方案中,导电引脚130必须接触检查表面以便进行CP电压测量。因此,集成探针系统100可以布置成使得引脚130接触检查表面,同时超声波探针125定位在其测量有效范围内(例如,距检查表面0mm至2mm)。引脚130相对于传感器壳体120内的超声波探针125的布置可以被配置为适应特定检查表面的直径或曲率。例如,在一个或多个实施方案中,引脚130延伸超过传感器壳体120一段距离。通过这种方式,当集成探针系统100接近检查表面时,引脚130中的一个或多个将接触该表面,但是超声波探针125将不会接触该表面,尽管超声波探针仍将足够接近该表面处于其有效测量范围内以进行准确的UT测量。在一个或多个实施方案中,引脚130延伸超过传感器壳体120达0.5mm、1mm、1.5mm、2mm或2.5mm。在其他实施方案中,引脚130与传感器壳体120对准。较长的引脚130可以被实施用于具有较小直径(例如,大约10cm或更小)的检查表面,这是因为对于较小的检查表面,集成探针系统100的前表面宽度与检查表面相当,因此并非所有引脚都可以接触该表面一次,尽管如果至少一个引脚接触该表面而另一个引脚定向成围绕该表面,则超声波探针125将在其有效测量范围内定向在检查表面上。

[0032] 引脚130是否延伸超出传感器壳体120和延伸超出的程度以及将引脚布置在集成探针系统100的前表面处的位置的确定取决于所需的特定布置。例如,引脚130可以有利地围绕位于内万向节110的前表面的中心的传感器壳体120布置,使得每个引脚130彼此等距并与传感器壳体等距。通过这种方式居中定位传感器壳体120使得当引脚130中的一个或多个接触检查表面时执行UT厚度测量的可能性最大化。引脚130距传感器壳体120的距离可以根据检查特定表面所需的布置而变化。例如,其中引脚130靠近传感器壳体120的布置减小了在进行CP电压与进行UT厚度测量之间的测量滞后的任何差异并提高了抽查的精度,而将引脚130相对更远离传感器壳体提供更宽的检查区域并可以提供对准辅助(即,一个引脚接触该表面并且内万向节110响应于力而移位,由此也推动一个或多个其他引脚接触该表面)。

[0033] 虽然本文描述的示例性实施方案包括布置成接触检查表面以执行电压测量的CP探针,但是本发明不限于表达接触CP探针类型,诸如引脚130,而是可以包括非接触式接近CP探针。例如,可以在内万向节110处实施接近CP探针来代替引脚130。接近电极容纳在接近CP探针的检查尖端处,并且参考电极以“接地”导线的形式提供,该参考电极连接到电压表(例如,在ROV或潜水员脐带式缆线内)。接近CP探针通常具有与超声波探针125同等水平的有效测量范围(例如,0mm至1mm、0mm至1.5mm、0mm至2mm)。

[0034] 在本申请的一方面中,集成探针系统100提供了被动地可调到待测量水下表面的优点。因此,一个或多个旋转接头135可以包括在集成探针系统100中以对外万向节105、内万向节110和/或导电引脚130提供移动自由度。旋转接头135可以铰接到外万向节105、内万向节110或这两者之间。当旋转接头135在第一端处铰接到外万向节105时,旋转接头的第二端(即,自由端)联接到ROV测量臂、静止底座或其他外部支架(诸如臂末端执行器)。在一个或多个实施方案中,旋转接头135包括将外万向节105联接到外部支架的两个旋转接头和将

内万向节110联接到外万向节105的两个旋转接头。旋转接头135用于有效地对超声波探针125提供组合的两个自由度,即,使外万向节105围绕由外万向节的纵向直径中的平面(“俯仰平面”)限定的左右轴线俯仰和使内万向节110围绕由垂直于外万向节的纵向直径的平面“(横摆平面”)限定的垂直轴线横摆。

[0035] 实际上,当导电引脚130接触检查表面时,从该表面施加的力作用在集成探针系统100上以将一个或多个接触引脚推回并使其他引脚与该表面接触。通过这种方式,可以使附加引脚130与检查表面接触,由此提供更精确的电压测量。由集成探针系统100的旋转接头135的布置提供的俯仰和横摆平面中的特定角运动用于改善引脚130的表面接触。例如,在一个或多个实施方案中,集成探针系统100可以通过俯仰或横摆平面调整0度至15度、0度至20度、0度至30度或0度至45度。

[0036] 在图1A至图1B所示的特定实施方案中,四个铰接的导电引脚130围绕超声波探针125布置。图1B示出了第一对引脚130a、130b,它们彼此径向相对并穿过由内万向节110限定的凹口型入口115a、115b。第二对引脚130c、130d也在直径上彼此相对并穿过由内万向节110的圆周边缘限定的孔型入口115c、115d。在该实施方案中,四个引脚130a至130d围绕超声波探针125等距间隔开90度。该布置提供了使至少一个引脚能够接触检查表面以获得电压读数的最大范围。然而,根据特定应用,可以预期四个引脚的其他导电引脚布置,其中引脚不是等距间隔开的。

[0037] 此外,引脚130的灵活性结合内万向节110的柔性使超声波探针125在一定范围内在检查表面上对准(例如,内万向节110的前表面基本上横向垂直于目标表面)。超声波探针125通过导电引脚130的这种被动对准允许同时执行或者至少在检查表面的单次探测中执行CP电压和UT测量。在一个或多个实施方案中,接近传感器与超声波探针125联接以辅助定位在检查表面处。例如,接近传感器可以是位于传感器壳体120内部的红外或声学传感器,其位于超声波探针125的柔性膜处或附近。

[0038] 现在参考图2A至图2B,提供了根据本申请的一个或多个实现方式的用于在水下表面处进行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量的集成探针系统200。集成探针200包括两个主要部件,它们互锁在一起以便为集成探针提供移动自由度以在接触时使其自身横向于检查表面被动地定向。挤压外万向节205(或“静止底座”)包括第一部件,并且其后表面可以联接到ROV测量臂。挤压外万向节205包括在外万向节的前表面居中形成的c形通道凹槽206,该c形通道凹槽具有嘴部208和一对唇部209a、209b,该对唇部的尺寸和形状被设计为联接集成探针200的第二部件。

[0039] 第二部件包括一系列元件,这些元件联接在一起或一体形成,使得该组合用作可以联接到外万向节205的单个部件。第二部件也可以称为探针支架。探针支架描述了容纳超声波探针并提供导电材料(例如,引脚、边缘或表面形式的导电电压电极)的结构,该导电材料包围朝向检查表面定向的CP和UT测量工具。在一个或多个实施方案中,探针支架包括本文提供的集成探针系统的元件,其具有至少一个移动自由度并通常具有两个自由度(即,俯仰和横摆)。图2B示出了元件的一种特定布置,这些元件包括第二部件及其与外万向节205的互锁本质。在一个或多个实施方案中,提供球形脚轮217,其尺寸和形状被设计成与c形通道凹槽206联接。作为示例,图2B中所示的球形脚轮217基本上为球形,但是可以预期卵圆形、椭圆形、矩形、正方形或其他形状。在一个或多个实施方案中,球形脚轮217与铰接支架

219的第一端一体形成。例如,铰接支架219和球形脚轮217可以是由不锈钢制成的单个金属部件。在其他实施方案中,球形脚轮217和铰接支架219是可以联接或分离以便于更换的可分离部件。在一个或多个实施方案中,铰接支架219的第二端与内万向节210的后表面一体地形成单个模制件。在其他实施方案中,铰接支架219和内万向节210是可以联接或分离以便于更换的单独部件。在一个或多个实施方案中,铰接支架219为圆锥形,其中连接到内万向节210的较宽端部朝向连接到球形脚轮217的端部渐缩。

[0040] 有利地,凹槽206和球形脚轮217柔性地联接,使得球形脚轮具有一定的移动自由度。换句话说,在球形脚轮217进入嘴部208以与外万向节205联接之后,球形脚轮217不是刚性地固定在适当位置,而是可以在凹槽206内在凹槽的内壁处受到摩擦力的作用下枢转。此外,铰接支架219的锥形本质允许内万向节210相应地与球形脚轮217一起枢转,以便将内万向节的前表面定向到检查表面。因此,当内万向节210接触检查表面时,由表面施加的力使内万向节自调整,直到一个或多个导电引脚230接触检查表面。一个或多个导电引脚230远离内万向节210的前表面纵向延伸,并用作电压电极以提供CP探针功能性。在各种实施方案中,相应的参考电极是电绝缘的并结合在集成探针系统200中,诸如位于外万向节205内,位于ROV或其机械臂的外表面或内部,或者位于引脚230的水下壳体部分中。在一些实施方案中,引脚230与内万向节210一体形成。例如,内万向节210和引脚230可以是由相同或类似材料(诸如不锈钢)制成的单个模制件。在其他实施方案中,引脚230联接到由内万向节210和/或铰接支架219的模制限定的入口(例如,入口115)中。通过这种方式,引脚230可以是可更换的,并且可以与集成探针200联接或分离以便于更换。在一个或多个实施方案中,引脚230与引脚130类似或相同,并且可以是完全导电的,或者可以限于具有到内万向节210的非导电联接部分的导电尖端(例如,水下壳体131和尖端132)。第二部件中的元件的这种布置提供了用于测量集成探针200的表面电压的CP探针功能。

[0041] 集成探针200还包括传感器壳体220和超声波探针225,它们可以与传感器壳体120和超声波探针125相同或类似。这些元件协同起作用以向集成探针200提供UT厚度测量能力。在一个或多个实施方案中,传感器壳体220居于内万向节210的前表面。然后,引脚230围绕传感器壳体布置成阵列,使得当引脚中的一个或多个接触检查表面时,超声波探针225可以执行UT厚度测量。UT厚度测量要求超声波探针225靠近检查表面,因此引脚230中的每一个只能延伸(如果有的话)超出传感器壳体220一段短距离。例如,与引脚230延伸超出传感器壳体220相比,引脚的端部可以延伸超出内万向节210达5mm至10mm。

[0042] 在一个示例性实施方案中,三个导电引脚在超声波探针225周围以阵列等距间隔开。例如,每个引脚可以间隔开120度。在该实施方案中,球形脚轮217和铰接支架219围绕两个垂直轴线(即,由穿过引脚230a和传感器壳体220的直径的平面限定的垂直轴线和由垂直于垂直轴线的平面限定并且还穿过传感器壳体220的直径的水平轴线)为内万向节210提供两个自由度。这些轴线可以与上面表示的俯仰平面或横摆平面类似或相同。

[0043] 如本文其他地方所述,水下超声波探针可以包含在传感器壳体中,该传感器壳体的柔性膜安装在压电陶瓷(或“换能器”)晶体与超声波传感器壳体的外表面之间。在一个或多个实施方案中,导电介质可以集成到传感器壳体的边缘或其他部分中以提供CP探针功能。传感器壳体的剩余部分可以由非导电材料制成。通过这种方式,超声波测试厚度测量探针可以起集成的CP/UT探针的作用。在一个或多个实施方案中,此类集成CP/UT探针可以安

装在更广泛的集成探针系统中。例如,这种类型的集成CP/UT探针可以安装在集成探针系统100或集成探针系统200中。

[0044] 现在参考图3A至图3B,提供了一种用于在水下表面进行同时阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量的集成探针300。集成探针300包括传感器主体305,其中超声波测试缆线310联接在传感器主体的第一端处。超声波测试缆线310将超声波厚度测量的数据传输提供给数据处理系统,该数据处理系统可以在ROV或表面侧内。有源超声波元件315设置在传感器主体305的第二端处,该第二端是朝向检查表面的端部定向的端部。在一个或多个实施方案中,超声波元件315是一个或多个压电陶瓷晶体,其以特定频率发射和接收超声波。例如,超声波元件315可以在2.0MHz、2.25MHz、3.5MHz、5.0MHz或7.5MHz的频率下操作。

[0045] 柔性膜320与有源元件315相邻并间隔开,由此在其间限定填充有耦合剂的间隙325。耦合剂可以是粘性液体(例如水)、凝胶或糊状物。在一个实施方案中,柔性膜320由胶乳橡胶制成。膜320可以通过各种方式连接到集成探针300的传感器主体305和壳体330。例如,响应于手动推动,膜320可以弯曲成轮廓减小(例如,压缩)的偏置状态,以便进入由壳体330限定的嘴部,并且当在膜处释放施加的力时,膜恢复到无偏置状态,其中在膜的边缘处形成的唇部与壳体内部接合并还与传感器主体305的外部表面接合。在一个或多个实施方案中,膜320的唇部的尺寸和形状被设计成与形成在集成探针300的壳体330内部的基座或凹槽互锁。取决于柔性膜320对压缩的阻力,在不稳定的压缩状态下,自由端将朝向未偏置状态推动更多或更少的量。当附接到壳体330内部时,该推动在壳体的内壁与传感器主体305之间产生摩擦,这防止柔性膜320一旦联接就沿着壳体内部纵向滑动。这种摩擦仍然存在,这是因为柔性膜320在位于壳体330与传感器主体305之间的凹槽或基座中同时弹性恢复力连续地在凹槽的侧壁上施加压力时不能完全恢复其未偏置状态。壳体330周向地围绕传感器主体305的至少一部分。在一个或多个实施方案中,壳体330经由壳体330的内表面上的凹槽旋拧到传感器主体305上,这些凹槽接纳模制到传感器主体305的外表面上的相应螺纹。在一个或多个实施方案中,壳体为圆柱形和环形以限定穿过其中的孔,柔性膜320穿过该孔。

[0046] 在一个或多个实施方案中,壳体330通过用作电压电极来提供阴极保护电压探针功能性。在各种实施方案中,相应的参考电极可以通过电绝缘方式附接到ROV或其机械臂(未示出)的外表面或内部。在其他实施方案中,参考电极可以安装在集成探针300内或安装到集成探针。例如,参考电极可以容纳在传感器主体305内,只要该参考电极与电压电极(例如,下文描述的壳体330、边缘340)电绝缘即可。在与检查表面接触时,壳体330经由CP缆线335将待检查表面的CP电压传导到电压测量装置(例如,在ROV或表面侧)。CP缆线335包括一根或多根导电引线,其连接到前表面(即,朝向检查表面的表面)处的导电部分并从该导电部分延伸。这可以通过两种方式实现。在一个或多个实施方案中,整个壳体330可以由导电材料制成,诸如例如由不锈钢或其他合金制成的滚花环。这确保了可以在集成探针300接触检查表面的任何地方进行电压测量。在一个或多个备选实施方案中,壳体330的外表面(或“边缘”)可以限于导电材料。在一个或多个实施方案中,边缘位于柔性膜320附近,使得当膜接触检查表面时,边缘也同时接触该检查表面。例如,图3B示出了边缘340,其包括沿着整个表面围绕柔性膜320的导电材料。从前面的讨论中应当理解,柔性膜320与边缘340齐平,或者如果膜延伸超过边缘一段距离,则它可以压缩以使得边缘能够与检查表面直接接触以便

在与UT测量的相同时间执行CP测量。集成探针300的实施方案不包括柔性膜320设计,其阻止CP探针部分(例如,壳体330、边缘340)接触检查表面。

[0047] 现在参考图4,提供了根据一个或多个实施方案的集成探针系统400。遥控航行器(ROV)(未示出)包括至少一个机械测量臂405,其在机械臂的自由端处具有可旋转的末端执行器410。末端执行器410包括一个或多个探针附接点以用于联接各种探针附件。附接点可以包括探针附件可以旋拧到或卡入其中的模块化框架,或者包括用于经由螺钉和螺纹套管直接固定到末端执行器的点。如所属领域中已知的,可以使用其他类似的附接机构。

[0048] 图4中的示例性实施方案包括两个在直径上相对的附接点,其包括模块化框架411、412,这些模块化框架的尺寸和形状被设计成接纳集成探针系统,例如集成系统100、集成系统200。在其他实施方案中,附接点分开一定角度,例如15度、30度、45度、60度、75度或90度。在一个或多个实施方案中,阴极保护(CP)电压测量探针415和超声波厚度(UT)测量探针420在附接点处联接到模块化框架411、412。在一个实施方案中,组合的CP和UT探针或探针系统(例如,集成探针系统100、集成探针系统200、集成探针300)联接到单个附接点。

[0049] 马达(未示出)容纳在机械臂405或末端执行器410内或安装到其上以便将附接点旋转到期望位置。例如,如所属领域中已知的,马达可以容纳在机械臂405的尖端内并与末端执行器410机械连接。通过致动马达并由此旋转末端执行器410,可以交换面向检查表面的传感器。例如,ROV可以使集成探针系统400接近检查表面,使得CP探针415横向于该表面定向以产生电压读数。此后,马达使CP探针415从检查点旋转出并使UT探针420在该相同位置旋转以进行UT厚度测量。在进行UT厚度测量之后,马达可以将CP探针415和UT探针420旋转回其原始的预测量位置。这减少了进行CP测量与进行UT测量之间的延迟。

[0050] 在一个或多个实施方案中,CP探针415或UT探针420的旋转由于识别已经或将要进行测量的软件实现方式而自动发生。例如,一旦CP电压读数完成,具有处理器的计算装置(与ROV的壳体一起定位或者位于该表面上并通信地联接到ROV)就可以实施存储在存储器中的程序代码以指示马达自动地将UT探针420移位到CP探针415刚刚进行测量的位置,而无需人为干预。通过这种方式,在水下表面检查期间,可以减小CP电压读数与UT厚度测量之间的延迟。

[0051] 虽然图4中公开的示例性实施方案可以预期CP探针415和UT探针420,但是除了CP和UT探针之外还可以添加其他检查传感器,或者可以围绕致动端部执行器410的圆周在一个或多个附接点处以模块化方式可互换安装其他检查传感器。例如,其他传感器可以包括如涡流或ACFM传感器等非破坏性测试传感器,以及诸如相机或闪光灯等视觉传感器。在集成探针的主体上安装诸如带闪光灯的相机等视觉传感器有助于臂致动控制,由此提供与期望的检查表面的更精确对准。

[0052] 现在参考图5,提供了用于在水下表面处执行阴极保护电压读数和超声波测试厚度测量的系统500。在示例性系统500中,如本文其他地方所述提供集成CP和UT探针系统505(例如,集成探针系统100、集成探针系统200等),其具有CP探针510和UT探针515。集成探针系统505在位于机械臂的自由端处的臂末端执行器527处联接到ROV 520的机械臂525。ROV 520可以是所属领域中已知的任何常规ROV,包括较轻的非工作级ROV。在一个或多个实施方案中,CP探针510包括臂末端执行器527处的电压电极530和设置在ROV 520的外表面处或内部的参考电极535。在其他实施方案中,电压电极530直接设置在CP探针510处。例如,电压电

极530可以是延伸引脚(例如,引脚130)处的导电尖端(例如,不锈钢)或导电部分(例如,边缘340),且参考电极535可以是银/氯化银半电池或暴露于水的其他参考电极。通过这种方式分开CP探针510的部件减小了臂末端执行器527承载的重量并提供了更大的臂移动性而不牺牲电性能。

[0053] 在检查过程期间,当系统500用CP探针510接触水下表面时,如本文其他地方所设置的那样进行CP电压测量。然后,信号从CP探针510沿着机械臂525内的缆线发送到ROV 520,在那里信号由信号调节器540进行处理以将原始电信号转换成相干形式(诸如如所属领域中已知的DC信号的形式)以便输出。同时,暴露于海水并具有已知电极电位的参考电极535对水进行参考电压测量并将相应的信号传输到信号调节器540以通过与CP电压信号相同的方式进行处理。然后,信号调节器540计算CP探针510与参考电极535之间的电压差。然后,从信号调节器540输出的电压差作为输入被传输到数据采集单元545,在那里可以记录、检查和分析检查表面处的电压。例如,电压差被转换成合适的数字或模拟信号,该信号可以进行处理并对用户可视化。

[0054] 也可以通过各种方式改善ROV机械臂(例如,机械臂405、机械臂525)的机械方面。在一个或多个实施方案中,可以在臂端执行器附近添加助浮选材料(floatation aiding material)以形成臂的平衡浮力并消除对臂马达的重量作用。在一个或多个实施方案中,助浮选材料可以与如本文其他地方所述的集成探针或探针系统集成。助浮选材料可以采用例如由聚氨酯弹性体或树脂和中空玻璃微球制成的复合泡沫或浮子的形式。其他助浮选剂可以包括脐带式浮力缆线等。

[0055] 检查表面的海洋生物生长对系统进行CP和UT测量的功效提出了挑战。因此,优选地在进行任何测量之前从检查表面中消除海洋生长。在一个或多个实施方案中,本文描述的集成探针系统可以包括安装在探针系统处的清洁系统。清洁系统可以放置在ROV的臂端执行器上,诸如在附接点处。添加清洁系统允许同时(对水下表面的海洋生物)进行污点清洁,并在接触时提高UT读数采集和测量可靠性。清洁系统可以包括常规的ROV清洁工具,诸如水射流喷嘴、气蚀射流喷嘴、喷砂器或旋转刷。

[0056] 在一个或多个实施方案中,本文描述的集成探针系统可以包括力传感器或接近传感器。内置在集成传感器主体中(例如,在附接点处、在外万向节或内万向节处,或者在CP和UT探针附近的其他位置)的力传感器或接近传感器(例如,红外或声学传感器)可以用于辅助将末端执行器定位在目标检查表面上以避免损坏探针和/或表面。

[0057] 值得注意的是,上面的附图和示例并不意味着将本申请的范围限制为单个实现方式,因为通过互换一些或所有所描述或示出的元件,其他实现方式是可能的。此外,在使用已知部件可以部分或完全实施本申请的某些元件的情况下,仅描述了理解本申请所必需的此类已知部件的那些部分,并且省略对此类已知部件的其他部分的详细描述以免使得本申请含混不清。在本说明书中,除非本文另有明确说明,否则示出单个部件的实现方式不必限于包括多个相同部件的其他实现方式,反之亦然。此外,除非明确说明,否则申请人无意将说明书或权利要求中的任何术语赋予不常见或特殊含义。此外,本申请包括本文中通过图示的方式提及的已知部件的当前和未来已知等同物。

[0058] 具体实现方式的前述描述将在不脱离本申请的一般概念的情况下充分揭示其他人通过在一个或多个相关领域技术范围内应用知识(包括引用并通过引用并入本文的文献

的内容)易于修改和/或适应各种应用此类特定实现方式而不进行过度实验的应用的一般本质。因此,基于本文呈现的教导和指导,此类调整和修改意图在所公开的实现方式的等同物的含义和范围内。应当理解的是,本文中的措辞或术语是出于描述而非限制的目的,使得本说明书的术语或措辞将由所属领域技术人员根据本文呈现的教导和指导结合一个或多个相关领域的技术人员的知识来解释。

[0059] 虽然上面已经描述了本申请的各种实现方式,但是应当理解的是,这些实现方式是作为示例而非限制来呈现的。对于一个或多个相关领域技术人员显而易见的是,在不脱离本申请的精神和范围的情况下,可以在其中进行形式和细节上的各种改变。因此,本申请不应受任何上述示例性实现方式的限制。

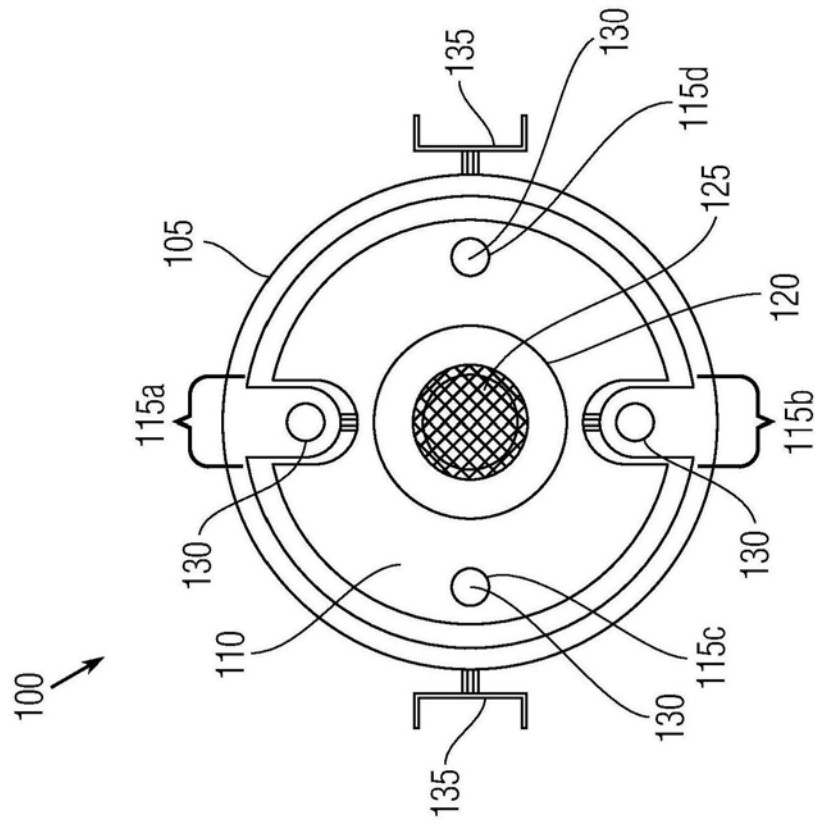


图1A

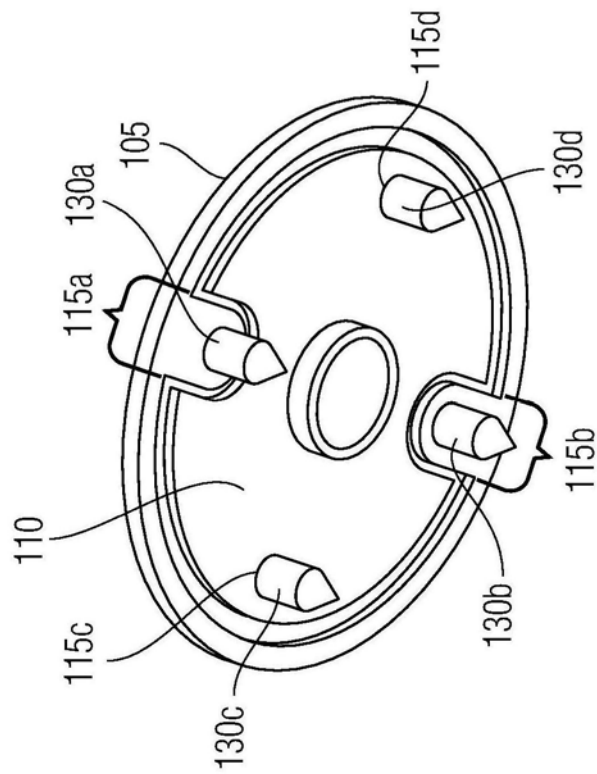


图1B

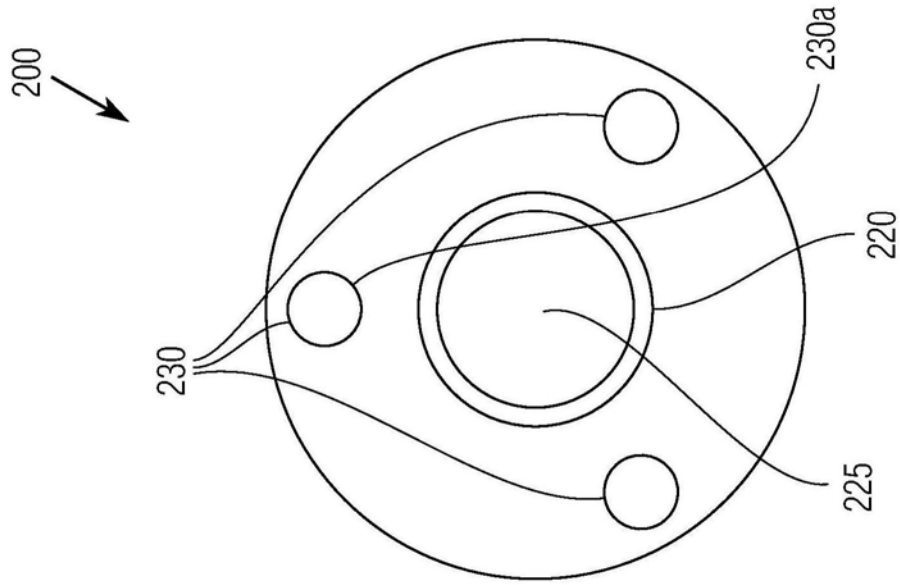


图2A

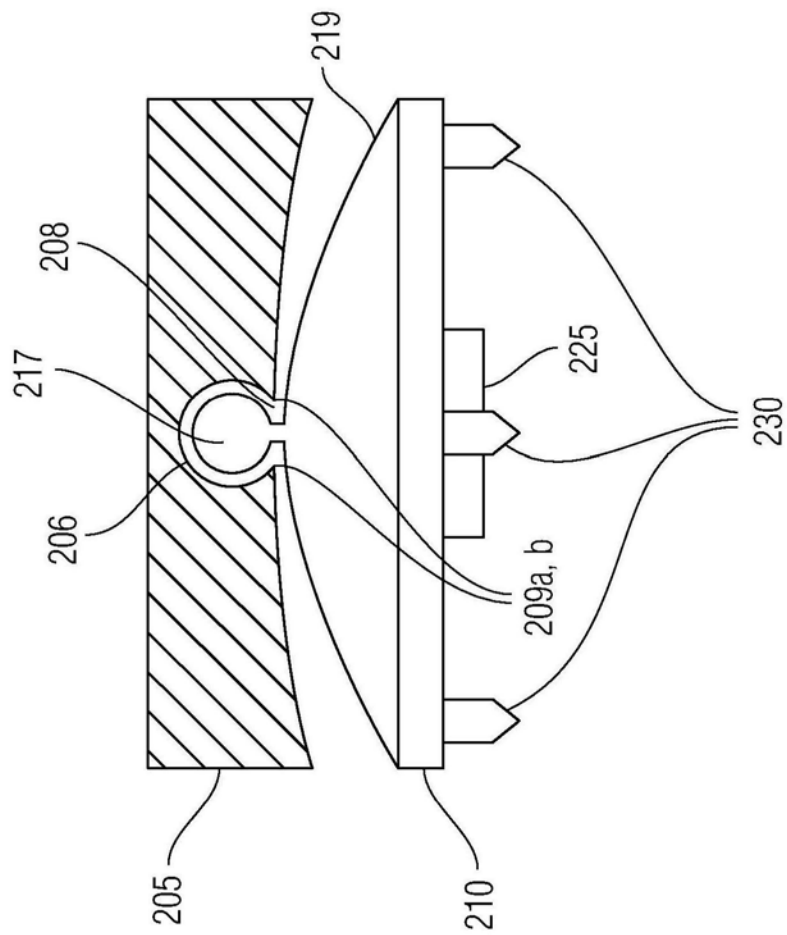


图2B

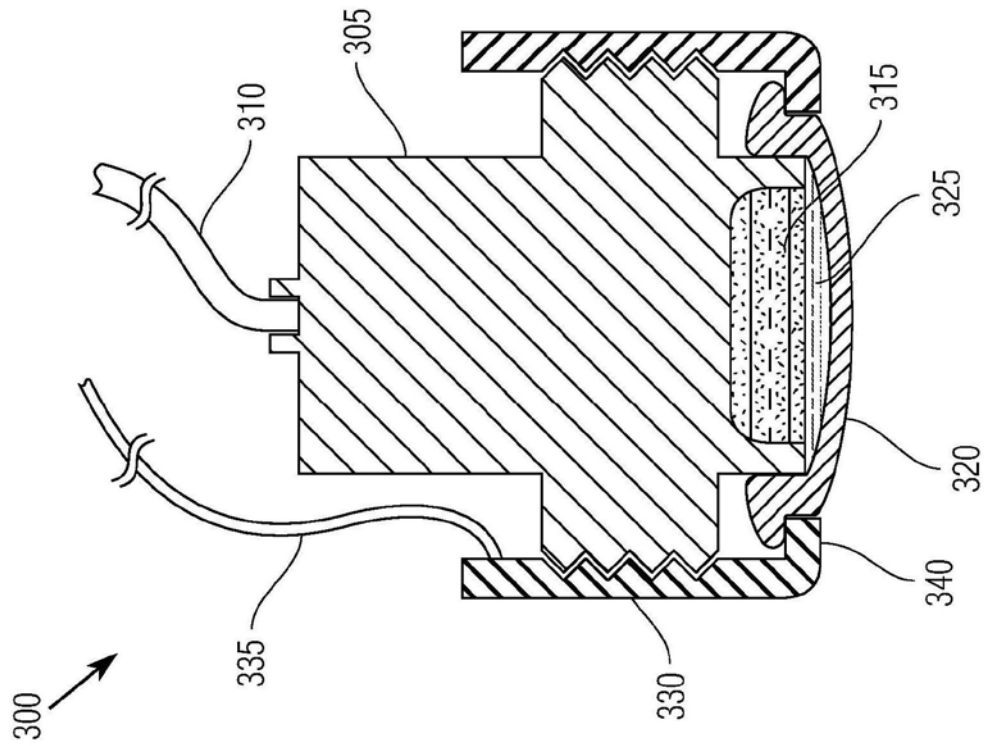


图3A

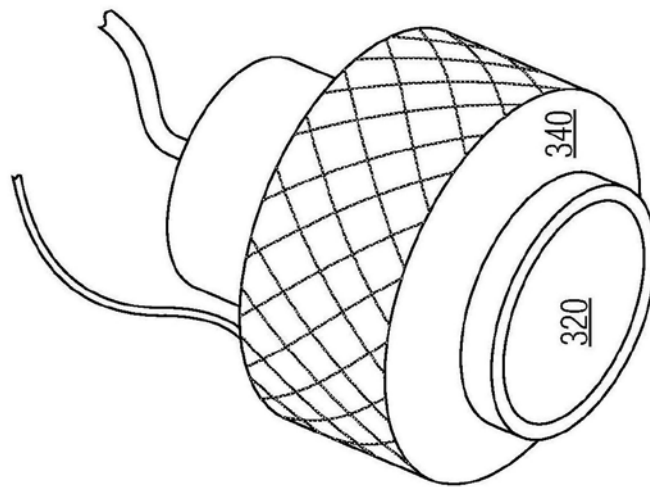


图3B

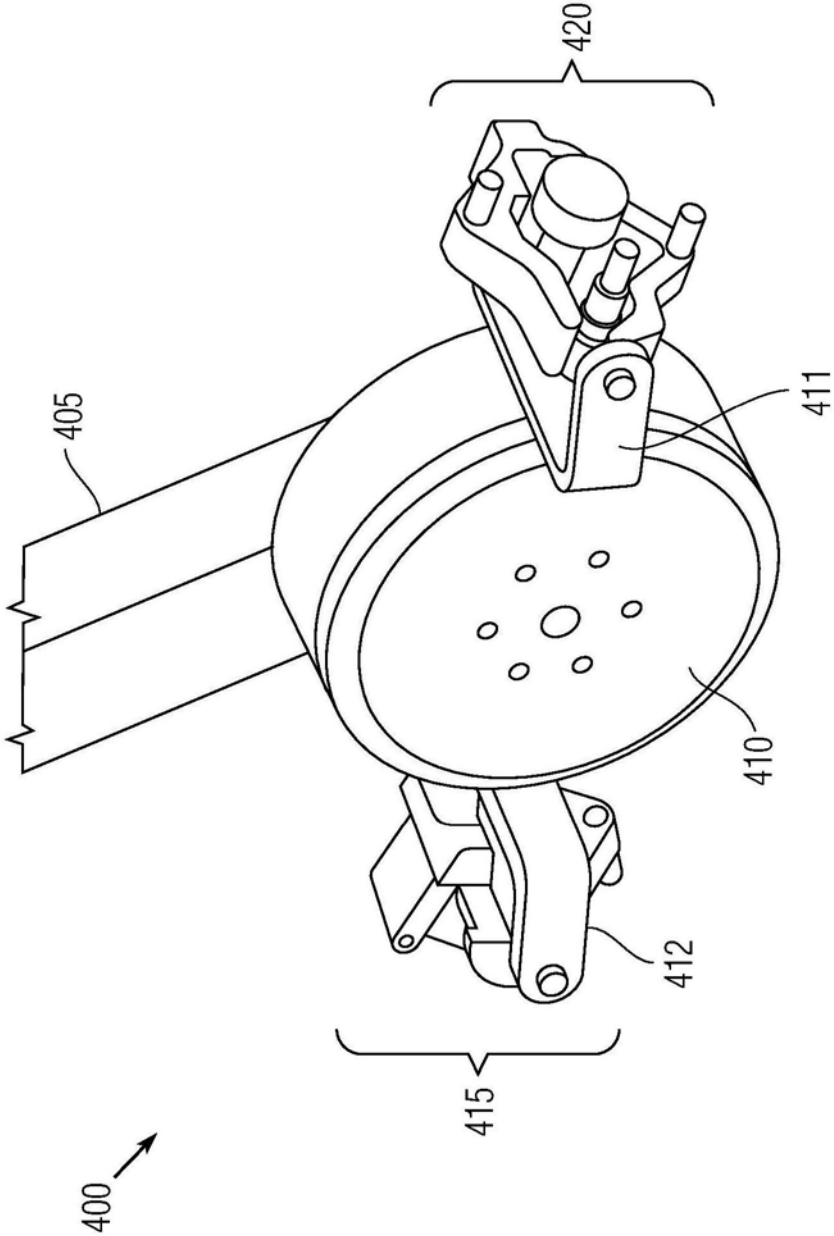


图4

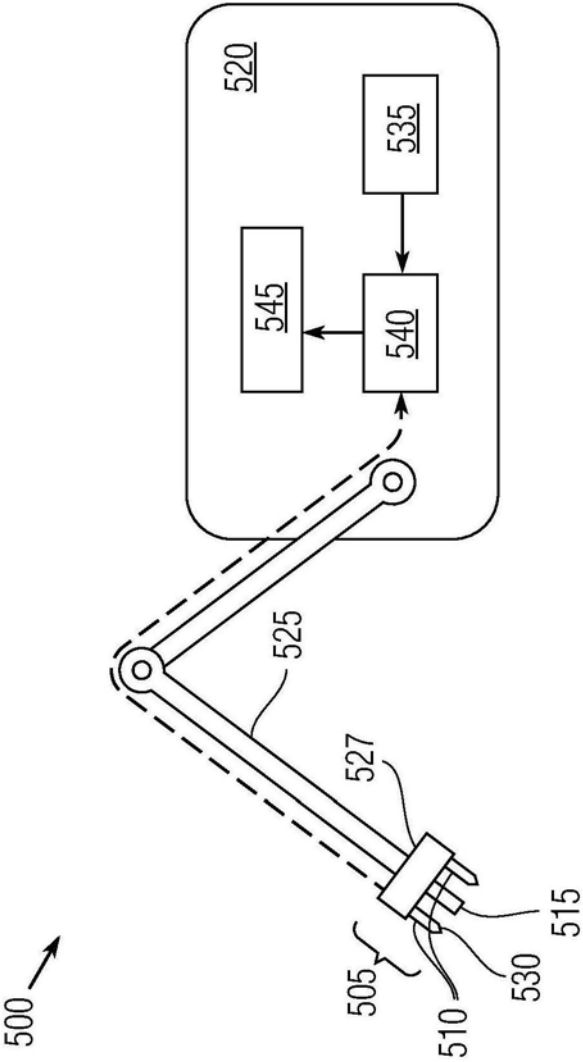


图5