



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113167110 A

(43) 申请公布日 2021.07.23

(21) 申请号 201980076429.X

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司 11112

(22) 申请日 2019.11.21

代理人 顾红霞 盛博

(30) 优先权数据

16/202,324 2018.11.28 US

(51) Int.Cl.

E21B 41/00 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

E21B 47/01 (2012.01)

2021.05.20

E21B 47/12 (2012.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

H02N 1/04 (2006.01)

PCT/US2019/062672 2019.11.21

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/112498 EN 2020.06.04

(71) 申请人 沙特阿拉伯石油公司

地址 沙特阿拉伯宰赫兰

(72) 发明人 金萨卡·帕桑·古纳拉特纳

李伯东

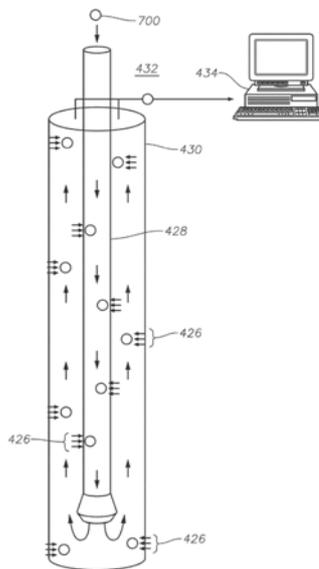
权利要求书4页 说明书13页 附图12页

(54) 发明名称

自供电微型移动传感设备

(57) 摘要

一种用于无线监测井状况的设备,该设备包括电源,该电源包括:第一材料,该第一材料附接到绕中心支点悬挂的至少一个杠杆的边缘,其中,至少一个杠杆的边缘绕中心支点自由移动;设置在至少一个杠杆的主体内的无摩擦可移动物体,其中,该无摩擦可移动物体在至少一个杠杆的主体内自由移动;以及第二材料,该第二材料相对于第一材料固定就位,其中,第一材料和第二材料具有相反的极性。



1. 一种用于无线监测井状况的设备,所述设备包括:
发电机,所述发电机包括:
第一材料,所述第一材料附接到绕中心支点悬挂的至少一个杠杆的边缘,其中,所述至少一个杠杆的所述边缘绕所述中心支点自由移动;
无摩擦可移动物体,所述无摩擦可移动物体设置在所述至少一个杠杆的所述主体内,其中,所述无摩擦可移动物体在所述至少一个杠杆的所述主体内自由移动;以及
第二材料,所述第二材料相对于所述第一材料固定就位,其中,所述第一材料和所述第二材料具有相反的极性;
至少一个电极,所述至少一个电极与所述第一材料或所述第二材料相连接;
桥式整流器,所述桥式整流器与所述至少一个电极相连接,以将产生的所述电力从交流电转换成直流电;
储存单元,所述储存单元用于储存由发电机产生的所述电力;
至少一个传感器,所述传感器收集关于井下环境的信息;以及
微控制器和收发器单元,所述微控制器和收发器单元管理由所述发电机产生的所述电力,以及发送由所述至少一个传感器收集的信息,其中,所述至少一个传感器与所述微控制器操作性联接。
2. 根据权利要求1所述的设备,还包括:
第一壳体,所述第一壳体用于容纳所述发电机;以及
第二壳体,所述第二壳体用于容纳所述至少一个电极、所述桥式整流器、所述储存单元、所述至少一个传感器以及所述微控制器和收发器单元,
其中,所述第一壳体和所述第二壳体包括耐高温的材料。
3. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述无摩擦可移动物体包括球体和液体中的至少一者。
4. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述至少一个杠杆包括梁或杆。
5. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,还包括:
安装在所述设备的至少一侧上的转子,其中,所述转子绕所述设备的内部轴线旋转,使得当所述设备的大小或方向改变时,所述转子的角速度和位移改变;
设置在所述转子的一侧上的多个第一垫,其中,所述多个第一垫涂覆有所述第一材料;
以及
涂覆有所述第二材料的相应数量的第二垫,所述第二垫相对于所述第一垫固定就位。
6. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述储存单元包括陶瓷薄膜电容器、电解电容器、超级电容器、双层电容器或伪电容器中的一者。
7. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述第一材料和所述第二材料包括产生静电的材料。
8. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述第一材料和所述第二材料从由铜、铝、聚四氟乙烯 (PTFE)、聚酰亚胺、铅、弹性体、聚二甲基丙烯酰胺 (PDMA)、尼龙和聚酯组成的组中选择。
9. 根据前述权利要求中任一项所述的设备,其中,所述收发器单元配置为通过由Wi-Fi、Wi-Fi直连、蓝牙、蓝牙低功耗和ZigBee组成的组中选择的无线通信方法进行通信。

10. 一种用于无线监测井状况的系统,所述系统包括:

与钻井表面上的计算机无线地连接的多个设备,每个所述设备包括:

发电机,所述发电机包括:

第一材料,所述第一材料附接到绕中心支点悬挂的至少一个杠杆的边缘,其中,所述至少一个杠杆的所述边缘绕所述中心支点自由移动;

无摩擦可移动物体,所述无摩擦可移动物体设置在所述至少一个杠杆的所述主体内,其中,所述无摩擦可移动物体在所述至少一个杠杆的所述主体内自由移动;以及

第二材料,所述第二材料相对于所述第一材料固定就位,其中,所述第一材料和所述第二材料具有相反的极性;

至少一个电极,所述至少一个电极与所述第一材料或所述第二材料相连接;

桥式整流器,所述桥式整流器与所述至少一个电极相连接,以将产生的所述电力从交流电转换成直流电;

储存单元,所述储存单元用于储存由发电机产生的所述电力;

至少一个传感器,所述至少一个传感器收集关于井下环境的信息;以及

微控制器和收发器单元,所述微控制器和收发器单元管理由所述发电机产生的所述电力,以及发送由所述至少一个传感器收集的信息,其中,所述至少一个传感器与所述微控制器操作性联接。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述多个设备中的每一个还包括:

第一壳体,所述第一壳体用于容纳所述发电机;以及

第二壳体,所述第二壳体用于容纳所述至少一个电极、所述桥式整流器、所述储存单元、所述至少一个传感器以及所述微控制器和收发器单元,

其中,所述第一壳体和所述第二壳体包括耐高温的材料。

12. 根据权利要求10至11中任一项所述的系统,其中,所述多个设备中的每一个还包括:

安装在所述设备的至少一侧上的转子,其中,所述转子绕所述设备的内部轴线旋转,使得当所述设备的大小或方向改变时,所述转子的所述角速度和位移改变;

设置在所述转子的一侧上的多个第一垫,其中,所述多个第一垫涂覆有所述第一材料;以及

涂覆有所述第二材料的相应数量的第二垫,所述第二垫相对于所述第一垫固定就位。

13. 根据权利要求10至12中任一项所述的系统,还包括:

沿井内的钻柱放置的一串无线收发器,每个收发器放置在每个收发器可以发送数据的所述最大距离的至少一半内,并且配置为与所述多个设备进行无线通信。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述一串无线收发器配置为:

从一个所述设备接收测量数据;并且

将所述测量数据发送到更靠近所述钻井表面上的所述计算机的另一无线收发器中。

15. 根据权利要求10至14中任一项所述的系统,还包括:

沿井内的钻柱放置的一个或多个井下工具,当所述设备与所述工具的距离在预定距离内时,所述井下工具可以由所述设备进行启动、停用或配置,或者

当所述设备与所述工具的距离在预定距离内时,设备由井下工具进行启动、停用或配

置。

16. 根据权利要求10至15中任一项所述的系统,其中,所述杠杆中的运动是由于承载所述设备的钻柱中的振动、旋转或泥浆流而引起的。

17. 根据权利要求10至16中任一项所述的系统,其中,所述储存单元包括陶瓷薄膜电容器、电解电容器、超级电容器、双层电容器或伪电容器中的一者。

18. 根据权利要求10至17中任一项所述的系统,其中,所述第一材料和所述第二材料由引起静电的材料组成。

19. 根据权利要求10至18中任一项所述的系统,其中,所述第一材料和所述第二材料从由铜、铝、聚四氟乙烯 (PTFE)、聚酰亚胺、铅、弹性体、聚二甲基丙烯酰胺 (PDMA)、尼龙和聚酯组成的组中选择。

20. 根据权利要求10至19中任一项所述的系统,其中,所述收发器单元配置为通过从由 Wi-Fi、Wi-Fi 直连、蓝牙、蓝牙低功耗和 ZigBee 组成的组中选择的无线通信方法进行通信。

21. 根据权利要求10至20中任一项所述的系统,其中,所述多个设备安装在钻井接头、钻杆、或者钻井系统的钻头正上方。

22. 一种用于无线监测井状况的方法,所述方法包括:

使多个设备与钻井表面上的计算机无线连接,每一个所述设备包括:

发电机,所述发电机包括:

第一材料,所述第一材料附接到绕中心支点悬挂的至少一个杠杆的边缘,其中所述至少一个杠杆的所述边缘绕所述中心支点自由移动;

无摩擦可移动物体,所述无摩擦可移动物体设置在所述至少一个杠杆的所述主体内的,其中,所述无摩擦可移动物体在所述至少一个杠杆的所述主体内自由移动;以及

第二材料,所述第二材料相对于所述第一材料固定就位,其中,所述第一材料和所述第二材料具有相反的极性;

至少一个电极,所述至少一个电极与所述第一材料或所述第二材料相连接;

桥式整流器,所述桥式整流器与至少一个电极相连接,以将产生的所述电力从交流电转换成直流电;

储存单元,所述储存单元用于储存由发电机产生的所述电力;

至少一个传感器,所述至少一个传感器收集关于井下环境的信息;以及

微控制器和收发器单元,所述微控制器和收发器单元用于管理由发电机产生的所述电力;并且

发送由所述至少一个传感器收集的信息,其中,所述至少一个传感器与所述微控制器操作性联接。

23. 根据权利要求22所述的方法,还包括:

设置用于容纳所述发电机的第一壳体;以及

设置用于容纳所述至少一个电极、所述桥式整流器、所述储存单元、所述至少一个传感器以及所述微控制器和收发器单元的第二壳体,

其中,所述第一壳体和所述第二壳体包括耐高温的材料。

24. 根据权利要求22至23中任一项所述的方法,还包括:

将转子安装在所述设备的至少一侧,其中,所述转子绕所述设备的内部轴线旋转,使得

当所述设备的大小或方向改变时,所述转子的所述角速度和位移改变;

在所述转子的一侧上设置多个第一垫,其中,所述多个第一垫涂覆有所述第一材料;以及

设置涂覆有所述第二材料的相应数量的第二垫,所述第二垫相对于所述第一垫固定就位。

25. 根据权利要求22至24中任一项所述的方法,还包括:

沿钻井内的钻柱安装一串无线收发器,每个收发器安装在每个收发器能够发送数据的所述最大距离的至少一半内,其中,所述无线收发器配置为与所述多个设备无线通信。

26. 根据权利要求22至25中任一项所述的方法,其中,所述一串无线收发器配置为:

从一个所述设备接收测量数据;并且

将所述测量数据发送到更靠近所述钻井表面上的所述计算机的另一无线收发器中。

27. 根据权利要求22至26中任一项所述的方法,还包括:

沿钻柱将一个或多个井下工具安装在井内,以便当所述设备与所述工具的距离在预定距离内时,所述一个或多个井下工具由所述设备进行启动、停用或配置,或者

当所述设备与所述工具的距离在预定距离内时,设备由井下工具进行启动、停用或配置。

28. 根据权利要求22至27中任一项所述的方法,其中,所述储存单元包括陶瓷薄膜电容器、电解电容器、超级电容器、双层电容器或伪电容器中的一者。

29. 根据权利要求22至28中任一项所述的方法,其中,所述第一材料和所述第二材料从由铜、铝、聚四氟乙烯(PTFE)、聚酰亚胺、铅、弹性体、聚二甲基丙烯酰胺(PDMA)、尼龙和聚酯组成的组中选择。

30. 根据权利要求22至29中任一项所述的方法,其中,所述收发器单元配置为通过从由Wi-Fi、Wi-Fi直连、蓝牙、蓝牙低功耗和ZigBee组成的组中选择的无线通信方法进行通信。

31. 根据权利要求22至30中任一项所述的方法,其中,所述多个设备安装在钻井接头、钻杆、或者安装在钻井系统的钻头正上方。

自供电微型移动传感设备

技术领域

[0001] 本公开的实施例涉及使用高温、自供电、微型移动传感设备来无线监测井况的系统和方法,该设备包括基于由流体或泥浆流在两种具有相反极性的材料之间产生的摩擦力而产生电力的发电机。

背景技术

[0002] 使用诸如电缆测井工具、MWD (随钻测量) 和LWD (随钻测井) 等测井工具以获得关于有限井筒区域内部和周围的地质构造的信息。由这些井下测量工具获得的信息可以用于对井内的构造和状况进行各种说明,然后井下测量工具可以用于制定和修改钻井程序。电缆和MWD/LWD工具具有直接或间接测量诸如井筒轨迹和包括电阻率、密度、孔隙率、岩性、矿物学、地质结构、渗透性以及地质力学和流体性质在内的地层特征的较宽范围的测量值的能力。使用电缆工具来获得井下井筒和地层数据已经数十年。

[0003] 在电缆测井操作中,包含若干传感器的工具下入到井中,并且在井内的各个点处获得数据,直到工具到达井底。当电缆工具从井中拉出时也获得数据。如果线缆测井工具在例如钻完裸眼之后运行,首先,钻井组件必须从井筒中拔出。然后,电缆操作在井筒中运行的时间长短还取决于井深和数据的分辨率。一旦电缆测井完成,就必须将电缆从井筒中拉出,并且钻井组件必须再次在井筒中运行。由于在执行电缆测井操作需要花费时间,并且传感器和包装昂贵,因此电缆测井很昂贵。在电缆操作期间,井筒中的流体通常保持静止,并且井筒状况必须处于有利的状况,如果需要若干次测井运行,则在若干次测井运行之间需要专用通井。此外,总是存在电缆测井工具卡在井筒中的风险,可能会显著增加钻井的成本。

[0004] MWD/LWD工具,顾名思义,在钻井的同时实时获得测量。MWD工具在钻定向井时尤其重要,因为MWD工具向钻井者提供关于井轨迹的信息以及诸如工具井下振动和伽马射线工具内部温度的信息。另一方面,LWD工具获得关于井的地质性质的信息,并且可以取决于诸如电阻率、密度等构造评价要求,将井的地质性质的信息添加到底部钻具组合 (bottle hole assembly),以达到识别潜在含烃区的主要目的。来自MWD/LWD工具的信号通过泥浆脉冲遥测技术传输至地面,并且通过压力传感器在地面进行记录和立即解码。MWD/LWD是非常昂贵、笨重和较长的工具,并且泥浆脉冲速率通常很慢(现场最高为20位/秒)。MWD/LWD工具和泥浆脉冲遥测单元的电由电池提供,并且最近由井下涡轮/交流发电机提供。如果发电涡轮安装在靠近泥浆脉冲发生器的位置并且在LWD工具上方,如果底部钻具组合卡住而不能收回,则发电涡轮可以防止回收LWD工具中的放射性化学源。应该指出的是,MWD/LWD工具通常放置在离钻头35-60英尺的地方。因此,钻机在钻头处不具有关于井下环境的任何信息。

[0005] 近钻头工具具有距离钻头3-10英尺的伽马射线和倾斜传感器,但是能够放置在钻头附近的传感器的数量是有限的,并且与位于钻头上方更远的传感器模块相比,传感器暴露在极端恶劣的环境可能影响其性能和使用寿命。如果钻井组件在近钻头工具上方包含泥浆马达,则需要附加的数据发送装置(从传感器到泥浆脉冲发生器的数据环)以确保实时将

数据发送到地面,这增加了相当大的技术复杂性,并且因此在操作工具时容易出现问題。

发明内容

[0006] 因此,示例性实施例涉及一种具有集成传感器和通信模块的智能、微型移动传感设备,该设备可以投入到井中以评估、表示井下原位环境以及将命令信号传送到井下设备。本公开示出了微型移动传感设备(MMSD)如何在尺寸、成本、灵敏度、功率、移动性和潜在的更多井下应用方面提供优于诸如电缆和MWD/LWD等当前技术的明显优点。由于部件非常小,因此它们需要较少的功率来操作,这在井下环境中是显著的优点。设计基于原位井下能量收集的发电机以满足MMSD的较低功率要求。电池也可用于向MMSD提供电力,但电池不易复制并且通常在高温(>125°C)下停止工作。MMSD是自供电的,因为当MMSD与井筒流体一起流动时,机械能和液压能可以都被收集,并且该能量可以用于向传感器、致动器和通信模块供电。本公开提供了这些MMSD诸如在井下环境中进行感测、致动、监测以及发送和接收数据等若干应用。

[0007] 一个示例性实施例是具有发电机、集成传感器和通信模块的智能自供电微型移动传感设备(MMSD),该设备可以从地面投入/注入井中以评估、表示井下原位环境以及将命令信号传送到井下设备以对微型移动传感设备进行启动/配置以及从微型移动传感设备读取数据。移动传感设备具有尽可能接近地质构造以测量数据,因为该移动传感设备与泥浆一起向下通过钻柱(drill string)、离开浇口(nozzle)并且返回至环形空间(annulus),从而提供井筒的完整轮廓。此外,通过向井下发送若干移动传感设备,我们能够获得高分辨率/空间数据。移动传感设备不仅可以从地面释放,而且可以而从井的任何深度释放,或者通过反向流动从环形空间通过钻柱流至地面。这些MMSD具有执行与电缆测井和MWD/LWD工具相同/相似的功能的能力,但是更小、更灵活并且更经济。由于部件非常小,因此它们需要较少的功率来操作,这在井下环境中是显著的优点。基于能量收集的发电机设计为满足MMSD的较低功率要求。电池也可用于向MMSD提供电力,但电池不易于复制并且在高温下停止工作。MMSD可以是自供电的,因为当MMSD与泥浆一起流动时收集机械能和液压能,并且该能量可以用于向传感器、致动器和通信模块供电。

[0008] 一个示例性实施例是用于无线监测井状况的设备。该设备包括:发电机,该发电机包括:第一材料,该第一材料附接到绕中心支点悬挂的至少一个杠杆的边缘,其中,该至少一个杠杆的边缘绕中心支点自由移动;设置在该至少一个杠杆的主体内的无摩擦可移动物体,其中,该无摩擦可移动物体在该至少一个杠杆的主体内自由移动;以及第二材料,该第二材料相对于第一材料固定就位,其中,第一材料和第二材料的极性相反。该设备还包括与第一材料或第二材料相连接的至少一个电极、与至少一个电极相连接以将产生的电力从交流电转换为直流电的桥式整流器、用于储存由发电机产生的电力的储存单元、收集关于井下环境的信息的至少一个传感器、以及微控制器和收发器单元,该微控制器和收发器单元管理由发电机产生的电,以及发送由至少一个传感器收集的信息,其中至少一个传感器与微控制器操作性地联接。

[0009] 该系统还可以包括容纳并且保护MMSD的发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块的壳体。通信模块中的收发器单元可以配置为通过从由Wi-Fi、Wi-Fi直连(Wi-Fi Direct)、蓝牙、蓝牙低功耗(Bluetooth Low Energy)和ZigBee组成的组中选择的无线通信

方法进行通信。壳体可以由诸如已经用于井下工具中的弹性体的聚合物材料设计。包装和封装主要是为了保护MMSD部件免受地层中可能降低MMSD的性能的泥浆和其它流体的影响。然而,重要的是包装和封装不以任何方式减少所收集的能量。包装和封装应该保持或放大所收集的能量。为了使传感器、电子器件和通信模块中的振动最小化,可以以隔离振动的方式安装和装配传感器、电子器件和通信模块。化学涂层可以用于进一步保护MMSD及其部件免受恶劣的井下环境的影响。化学涂层可以是能够用于在传感器和电子板上提供均匀且无针孔层的聚合物涂层。这些涂层能够承受长时间连续暴露于高温下以防止电极腐蚀,并且这些涂层是优良的电介质。热绝缘显著延长了传感器和电子器件的使用寿命和耐久性。外部保护壳将内部的所有部件与环境隔离开,并且可以是环氧树脂、树脂基材料或具有良好导热性能的任何材料。

[0010] 该系统还可以包括沿井中的钻柱放置的一个或多个井下工具,当高温微型移动传感设备与工具的距离在预定距离内时,该井下工具可以由高温微型移动传感设备进行启动、停用或配置。该系统的独特特征是移动传感设备不必到达井底工具就能对井底工具进行启动/配置。信号可以简单沿收发器通道从任何深度发送到井底工具以对井底工具进行启动/配置。如果启动/配置取决于在特定深度处的特定井筒参数的值,则移动传感设备可以流动到该深度,对这些参数进行测量并且经由收发器通道将基于结果的信号发送到井下工具。当高温微型移动传感设备与工具的距离在预定距离内时,井下工具还可用于对高温微型移动传感设备进行启动、停用或配置。

附图说明

[0011] 当参考以下实施例的描述和附图进行考虑时,将进一步理解本公开的实施例的前述方面、特征和优点。在描述附图中所示的本公开的实施例时,为了清楚起见,将使用特定术语。然而,本公开并不旨在限于所使用的特定术语,并且应当理解,每个特定术语包括以类似方式操作以实现类似目的的等同物。

[0012] 为了简单和清楚地进行说明,附图示出了一般的构造方式,并且可以省略对公知的特征和技术的描述及其细节,以避免对本发明描述的实施例引起不必要和模糊不清的讨论。另外,附图中的元件不一定按比例绘制。例如,图中的一些元件的尺寸可以相对于其他元件进行放大,以帮助改善对本发明的实施例的理解。在整个说明书中,相同的附图标记表示相同的元件。

[0013] 图1是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块的高温井下微型移动传感设备的示意图。

[0014] 图2是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块的高温井下微型移动传感设备的示意图。

[0015] 图3是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块的高温井下微型移动传感设备的示意图。

[0016] 图4是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块的高温井下微型移动传感设备的示意图。

[0017] 图5是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下发电机的高温井下微型移动传感设备的示意图。

[0018] 图6是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块的高温井下微型移动传感设备的示意图。

[0019] 图7A至图7D示出了根据一个或多个示例性实施例的系统,其中多个高温MMSD经由泥浆流通过钻柱送入井下。

[0020] 图8是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块的高温井下微型移动传感设备的示意图。

[0021] 图9是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下微型移动传感设备的系统的示意图,该系统包括嵌入在钻杆中的高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块。

[0022] 图10是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下微型移动传感设备的系统的示意图,该系统包括嵌入在钻杆中的高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块,该系统可以沿着钻柱重复以用于双向数据通信。

[0023] 图11是根据一个或多个示例性实施例的包括高温井下微型移动传感设备的系统的示意图,该系统包括可以嵌入在钻头接头内部的高温井下发电机、传感器、微控制器/微处理器和通信模块。

具体实施方式

[0024] 现在将参照示出了实施例的附图,在下文中更全面地描述本公开的方法和系统。本公开的方法和系统可以具有许多不同的形式,并且不应被解释为限于本文阐述的所示实施例;相反,提供这些实施例是为了使本公开透彻和完整,并且将其范围完全传达给本领域技术人员。除非另有说明,本文中所述的术语“高温”是指高于125°C的温度。

[0025] 现在参见附图,图1示出了具有发电机250、集成传感器118、微控制器/微处理器112和通信模块114的智能微型移动传感设备(MMSD)100,该智能微型移动传感设备可以投入到井中以评估、表征以及控制井下设备。这些MMSD具有执行与电缆测井和MWD/LWD工具相同/相似的功能的能力,但是更小、更灵活并且更经济。由于部件非常小,因此它们需要较少的功率来操作,这在井下环境中是显著的优点。基于能量收集的发电机250设计为满足MMSD的低功率要求。电池还能够用于向MMSD供电,但电池不易于复制并且在高温下停止工作。MMSD100为自供电,因为当MMSD与泥浆一起流动时,机械能和液压能被收集,并且该能量可以用于为传感器118、微控制器/微处理器112和通信模块114供电。

[0026] 然而,应当注意的是,在图1中,球形MMSD用作示例以说明当MMSD与泥浆一起流动时如何使用摩擦发电,但是设备的形状可以是任何形状。在图1至图2所示的MMSD100、200中,球形小球204和矩形杆204封闭在通道220中,在该通道中,当MMSD100、200随泥浆流行进时,球形小球204和矩形杆204沿沉积在下侧上的材料在分离两个球的平面254上移动或滑动。制造球体204和杆204的材料(材料A)和下侧上的材料206(材料B)具有相反的极性。当材料A和材料B接触时,电荷从一种材料移动到另一种材料。有些材料具有获得电子的倾向,而有些材料具有失去电子的倾向。如果材料A具有高于材料B的极性,那么电子从材料B注入到材料A中。这导致具有相反电荷的表面。当这两种材料分离时,由于两种材料之间的电荷不平衡,当负载连接在两种材料之间时,存在电流流动。电流持续流动直到两种材料处于相同的电位。当材料再次朝向彼此移动时,存在电流再次流动,但是电流方向相反。因此,材料的

这种接触和分离运动可以用于发电。电极222促进电流流向桥式整流器106,在桥式整流器中,通过采用二极管的整流器电路将产生的电能从交流电转换成直流电。可以储存产生的电力使得即使在振动或者泥浆流不足时,所产生的电力也能够用作调节电源。储存单元108可以是在高温下使用的介电电容器、陶瓷、电解质或超级电容器。通过将能量储存在电容器中,可以将电持续提供给传感器118和通信模块114。

[0027] 储存单元向微处理器/微控制器单元提供电力,微处理器/微控制器单元执行系统的电管理和控制功能。微控制器与收发器和天线相连接。收发器采用低功率Wi-Fi、蓝牙、蓝牙低功耗、ZigBee等低功率无线技术。天线可以是定向的、全向的和点对点的。天线也可以是诸如单极、偶极、倒置、环形、螺旋形、曲折和贴片天线等平面天线。

[0028] 在图3中,由材料A制成的矩形板204附接到弹簧208,而另一种材料206(材料B)固定在矩形板204下面。当MMSD300与泥浆一起行进时,MMSD300经历振动,并且材料A将与材料B接触和分离,从而产生电力。借助于桥式整流器106将电信号从交流电变为数字电流,并且电荷可以储存在电容器108中。储存是很重要的,因为否则电荷可能一经收集就被消耗。

[0029] 在一些实施例中,例如,如图4所示,MMSD具有发电机407,该发电机407可以包括基于发电系统400的杠杆。MMSD400具有电源,该电源可以包括一个或多个可作为单独设备的杠杆408。杠杆408的数量可以根据空间的可用性而增加。如图4所示,杠杆408可以是梁,或者可以是杆。该梁能够具有中空结构,并且能够绕固定铰链或中心支点枢转。系统400可以包括一个或多个无摩擦可移动物体402,诸如可以位于梁内并且在梁隧道内部行进的球体。系统400的设计方式使得每个无摩擦可移动物体402仅能在一个梁内行进,并且每个梁彼此独立地起作用。可替代地,杠杆可以彼此相连接并且在一个单一的铰链或支点处枢转。因此,在这种情况下的运动可以彼此依靠。系统400还可以包括第一材料即具有某一极性的材料(材料A404),材料404可与附接到具有与第一材料404相反极性的另一材料(材料B)的垫405直接相反放置。如图4所示,系统400可包括用于杠杆408的每个拐角的四个垫。垫405可以与传感器和仪器单元(“S&I单元”)410相连接,垫405可以包括一个或多个例如桥式整流器、能量储存单元、微控制器或微处理器以及收发器单元等传感器以测量诸如温度和压力等各种井下参数。

[0030] 图5示出了为S&I单元410供电的发电机构的示例。如本领域普通技术人员理解的,井筒内的液体流动可以是层流或湍流。流动状态取决于管道直径以及钻井液的速度、密度和动态粘度。在油或气的井筒中,层流仅在缓慢流动的条件下(例如在井筒底部)附近遇到,并且可假定湍流为井筒中的一般流动状态。在湍流流态中,流体经历不规则的波动,导致涡流和更平坦的速度分布。因此,例如,如图5所示,当封装在球形壳体中的设备400与井筒内的钻井液一起行进时将向不同方向移动。该移动可以触发杠杆408向不同方向移动,从而使杠杆408的角部处的第一材料404朝向附接到垫405的第二材料406移动。然而,由于流动是湍流并且在大小和方向上持续发生变化,因此可以预期材料404和材料406在设备400在井筒内的行进期间会多次接触。这种接触和分离可以用来发电。当给定极性的材料404与具有相反极性或具有尽可能远离材料404的极性的材料406接触时,在材料404与材料406之间存在电荷交换。有些材料更倾向于获得电子,而有些材料更倾向于失去电子。如果材料404具有高于材料406的极性,那么电子将从材料406注入404中,从而产生具有相反电荷的表面。这些材料的分离产生流过负载的电流,并且因此连续输出到设备400中的S&I单元410。与材

料406相连接的垫405既用作接触材料又用作导电电极。垫405与桥式整流器(未示出)相连接,桥式整流器将来自接触分离运动的交流电转换为直流电。该电流可以储存在诸如电容器的能量储存单元中,使得即使当液体流可能暂时中止时,调节电源也可以用于S&I单元410。电容器可以是介电电容器、陶瓷薄膜电容器、电解电容器、超级电容器、双层电容器或伪电容器。能量储存单元向传感器、微控制器/微处理器和收发器提供电力。功率管理作为智能设备中的关键问题,由微控制器/微处理器单元执行。传感器和收发器仅在设定的时间和深度处运行以便节省功率。然而,应当注意的是,该设备通过这种设计方式使得无论该设备在流体中移动的方向如何,在材料404和406之间总是存在足够的接触(足以产生所需的能量)。

[0031] 在一些实施例中,例如,如图6所示,无摩擦可移动物体402可以由具有合适密度和重量的液体412代替。在图6中,系统600包括在两个杠杆408中的每一个中的液体412,并且系统可以通过这种设计方式使得每个流体袋仅可以在一个梁内流动,每个梁一个流体袋,并且每个梁彼此独立地起作用。可替代地,系统600可以包括能够在任何梁内流动的单个流体袋。如图6所示,系统600还可以包括具有某一极性的第一材料404,该第一材料404可与附接到具有与第一材料404相反极性的另一材料406的垫405直接相反放置。如图6所示,系统600可以包括用于杠杆408的每个角部的四个垫。垫405能够与传感器和仪器单元(“S&I单元”)410相连接,垫405可包括一个或多个例如桥式整流器、能量储存单元、微控制器或微处理器以及收发器单元等的传感器以测量诸如温度和压力等各种井下参数。

[0032] 系统400和600设计为在高温环境($>125^{\circ}\text{C}$)中使用。可以是梁或杆的杠杆408可以由能够承受 125°C 或更高温度的任何金属或合金制成。第一材料404和第二材料406可以由诸如聚四氟乙烯(PTFE)、聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚二甲基丙烯酸酰胺(PDMA)、聚二甲基硅氧烷(PDMS)、聚酰亚胺、铜、银、铝、铅、弹性体、聚四氟乙烯、Kapton、尼龙或聚酯的材料制成。无摩擦可移动物体402可以由能够承受 125°C 或更高的温度的金属或合金制成,并且液体412可以是在梁或杆内部可流动并且能够承受 125°C 或更高温度的任何低粘度液体。

[0033] 必须使功率消耗最小化,因此应该小心地控制。微处理器/微控制器单元112执行MMSD100、200、300、400、600和700中的电源管理。可以解释和处理存储在存储器中的信息,并且分析从传感器118获得的数据。通信模块114中的传感器118、存储器和收发器以及天线具有各自自身的功率使用水平。传感器118仅在必须感测来自环境的数据并且将该数据存储在存储器中时才需要电。在这个过程之后该传感器具有低功率消耗或无功率消耗,并且可以进入“睡眠”直到该传感器必须再次获得数据。如果要求传感器118持续获得数据,则传感器必须是持续“启动的”,并且要求微控制器/微处理器112以高采样率获得数据。由于这将迅速从存储器中耗电,因此传感器118设计为在非重叠时间的某些时段是“启动的”。传感器118也可以设计为在特定深度处是“启动的”,其中深度可以通过加速计、磁力计或陀螺仪来测量。类似地,收发器114设计为在预定时间或者当由外部信号触发时发送和接收数据。此外,由于收发器114比传感器118和微控制器/微处理器单元112需要更多的能量来发送/接收数据,因此在由微控制器/微处理器分析之后,仅可以发送/接收数据的样本而不是所有感测的数据以节省井下的电力。天线可以是单片的或可拆卸的,并且与收发器集成以形成通信模块114。收发器114采用诸如低功率Wi-Fi、Wi-Fi直连、蓝牙、蓝牙低功耗、ZigBee等低功率无线技术。高频率允许更好的信号和更长的发送距离。然而,由于在高频率下衰减和

功率要求也较高,因此必须对系统进行优化。天线也可以是定向的、全向的和点对点的。天线也可以是诸如单极、偶极、倒置、环形、螺旋形、曲折和贴片天线等平面天线。RFID标签也可以包含在每个MMSD100、200、300、400、600中,使得在地面处获得的数据可以被唯一识别并且链接到正确的MMSD。无源RFID标签不需要电源,但是在数据发送中具有低带宽和高故障率。由于每个MMSD具有发电机,所以可以使用有源标签来代替。

[0034] 多通道模块可以设计为对MMSD中的可用空间进行优化。例如,氧化铝的高温共烧陶瓷 (HTCC) 基板可以用于电子板。这些基板通常镀有铜、镍、和金,用于焊接和引线接合。作为最后的步骤,可以对这些板中的电路管芯进行独立处理,并且组装为单个设备。电路板可以使用钎焊引脚 (BeNi触点) 上的陶瓷单内嵌封装头部彼此互连。BeNi是可商购的并且是用于高温包装的标准技术。HTCC封装具有优异的机械刚性、散热性和密封性,这是恶劣的高温应用中的重要特征。绝缘体上硅 (SOI) 技术可以用于系统中的有源电子器件。与体硅技术 (bulk Si technology) 相比,SOI显著减少了泄漏电流和设备参数的变化,改善了载流子迁移率 (carrier mobility)、互连之间的电迁移以及介电击穿强度。碳化硅 (S_iC) 基电子器件具有优于硅基电子器件的性能,并且是用于热、机械和化学侵蚀性的恶劣环境应用的另一候选。 S_iC 具有多种多型体,但6H和4H (H=六方) 是两种最常用的多型体。硅具有1.12eV的带隙,并且在约200-225°C左右失去硅的PN结的特性。另一方面, S_iC 具有大于3eV的带隙,并且可以承受高达100°C的温度。与硅 (Si) 相比。 S_iC 还具有较高的熔点 (1420°C对2830°C)。

[0035] 该系统可以具有专用集成电路 (ASIC) 或现场可编程门阵列 (FPGA) 电路。与ASIC相比,FPGA电路不需要布局、掩模或其它制造步骤,具有更简单的设计周期、更可预测的项目周期和现场可重编程性。FPGA可以重复使用并且比ASIC更便宜。ASIC需要基于定制规范进行设计。FPGA的主要缺点之一是它与ASIC相比具有高功率消耗。在FPGA中没有对功率优化的控制,而在ASIC中可以使用低功率技术对功率消耗进行优化。静态随机存取存储器 (SRAM) 可以重新编程。由于FPGA能够易于重新编程,因此能够将设计加载到部件中,在系统中快速试用并且在需要时进行调试。这对于板级测试是理想的,其中FPGA可配置为验证板或板上的组件。在测试完成之后,利用应用逻辑重新配置FPGA。然而,SRAM的主要优点也是它的主要缺点,因为当电源关闭时IC丢失程序。因此,每次施加电力时必须对基于SRAM的FPGA重新编程,因此需要外部存储器来永久存储程序。当板空间在像井下应用中非常宝贵时,这是不可行的。因此,当MMSD用于井下应用时,电可擦除可编程只读存储器 (EEPROM) 是更可行的选择。EEPROM具有较慢的写入时间,但这是可容许的,因为通常在启动时使用的主代码仅在开发期间进行修改,然后被保留。EEPROM应该具有配置为串行接口的能力。串行接口优于并行接口以减少互连数量和减少串扰。

[0036] 发电机250、407中的材料A和B需要耐高温 (>125°C) 并且具有良好的稳定性,在多次循环后材料性能几乎没有或完全没有退化,并且它们不应由于冲击、振动或高压而损坏。一些合适的材料由铜、铝、PTFE、聚四氟乙烯、聚酰亚胺、铅、弹性体、PDMA,或可以引起静电的任何其它材料,或对于井下环境具有类似或更好的热、机械和化学性质的任何材料,这些材料同样可以沉积为薄膜。而且,如果材料用于发电机中为多个收发器发电,则材料应该相对便宜。当选择材料时,重要的是记住这些材料具有相反的极性 or 彼此之间尽可能远离的极性。传感器封闭的壳体252必须足够坚固以承受高温、高压腐蚀性和磨蚀性环境。此外,壳体252的材料应该能够保持柔性和弹性,以提高发电机的能量转换效率。壳体252、420可以

由聚合物材料(诸如已经在井下工具中使用的弹性体)或者具有优良的热传导特性和低杨氏模量的任何其它材料设计而成。包装和封装主要是为了保护MMSD部件免受地层中泥浆和其它流体的影响,泥浆和其它流体可以降低MMSD的性能。然而,重要的是包装和封装不以任何方式减少收集的能量。包装和封装应该对收集的能量进行保持或放大。为了使传感器、电子器件和通信模块中的振动最小化,可以以隔离振动的方式安装和装配传感器、电子器件和通信模块。化学涂层可用于进一步保护MMSD及其部件免受恶劣的井下环境的影响。化学涂层可以是聚合物涂层,并且可以用于在传感器和电子板上提供均匀并且无针孔层。这些涂层可以长时间连续暴露在高温下以防止电极腐蚀并且是优异的电介质。热绝缘显著延长了传感器和电子器件的使用寿命和耐久性。外部保护壳体252、420将内部的所有部件与环境隔离开,并且可以是环氧树脂、树脂基材料或具有良好导热性能的任何材料。

[0037] 由泥浆流引起的振动和移动由MMSD吸收,并且这触发了具有相反极性的两种材料之间的接触和分离。振动和运动的量取决于泥浆的流速、井筒的尺寸和井筒中的钻柱组件等。使用该原理,图1至图3、图4和图6中所示的MMSD可以用于多个井下应用。

[0038] 因此,上述示例性实施例涉及一种新型的高温($>125^{\circ}\text{C}$)、自供电的MMSD,该MMSD可以与泥浆流一起送到井下,以对井下工具进行启动和/或对诸如压力和温度的井下参数进行测量,然后当沿环形空间向上行进到地面时,MMSD可以将该信息发送到通信模块。

[0039] 图7A示出了根据一个或多个示例性实施例的MMSD。在该实施例中,传感器、微控制器和收发器可以放置在第一壳体422中以使振动最小化,发电杠杆系统400、600可以放置在第二壳体424中。为了最小化并且隔离传感器、微控制器和收发器中的振动,可以在MMSD的主体内安装支架和阀,并且诸如钢、钛、碳化硅、铝碳化硅、铬镍铁合金和Pyrofloask等材料可以用于壳体422以减小高温的影响。由于材料不是有机的,所以它们不会腐蚀,并且为MMSD提供较长的使用寿命。另一方面,用于发电杠杆系统的壳体424的材料可以设计为保持柔性和弹性,并且使振动最大化,从而提高能量转换效率。然而,必须对该材料进行优化使得杠杆系统的构造块不会被损坏。因此,为了对用于杠杆系统的构造块的特定材料进行优化,壳体424可由聚合物材料设计而成,诸如已经用于井下工具中的弹性体,或具有优良的热传导特性和低杨氏模量的任何其它材料。包装和壳体主要是为了保护杠杆系统免受构造中泥浆和其它流体的影响,泥浆和其它流体会降低杠杆系统的性能。然而,重要的是,包装和壳体不以任何方式例如通过减少振动影响收集的能量。壳体和包装应当对收集的能量进行保持或放大。如图7A中所示,整个设备可进一步包装或封装在球形保护罩420中,以使例如设备700与外部环境隔离,并且确保内部组件不与钻井液直接接触。保护罩420可以由任何材料制成,诸如环氧树脂、树脂基材料,或者可以承受高于 125°C 的温度、具有良好的导热性能并且可以承受通常在井筒内遇到的压力的任何材料。如图7B和图7C所示,该设备也可以封装在立方体或容器420中。

[0040] 如图7D所示,然后,设备700可以部署在井筒430中,以与钻井液一起行进,通过钻柱428到达井筒430的底部,然后沿环形空间向上到达地面432。当钻井液反向流动时,设备700在相反方向上行进。这种移动传感设备的部署方法开辟了井下执行广泛功能的可能性。设备700在钻柱428和井筒430内部行进时可以获得诸如压力和温度等井下参数426,并且一旦在地面432处收回设备700,就可以下载该数据。设备700也可以位于系统中,在该系统中持续流过地面、钻柱和环路,可以在放置在流动环路的地面处的数据采集设备434处无

线下载数据。设备700还可以对井下工具进行启动或停用,或释放封闭在井下工具内的工具或化学品。在井筒430内存在若干设备700的情况下,可以对设备700进行编程以彼此通信,从而形成传感器分布网络或路径,以将数据从井筒430的底部发送到地面434。另外,如果在钻柱428内部或外部存在例如沿钻柱428的收发器单元(未示出)的无线传输网络,则设备700可以与单元通信以将数据沿单元发送至地面432。一旦设备到达地面,就可以验证该数据。还可以使用该设备以获得井筒状况的信息。例如,如果存在泥浆帽或钻屑,则设备可能花费更长时间以到达地面或向给定收发器单元发送数据。如果每个收发器单元在每次设备经过时获得信号,则如果设备遇到井筒问题(诸如可能卡在井下的物体),则信号可能延迟。

[0041] 图8示出了另一实施例,其中设备800适于进一步利用钻井液的湍流。在该实施例中,半配重转子或全转子440安装在设备800的顶部和底部。在转子的底部是涂覆有材料404的圆形垫,在顶部和底部是涂覆有材料406的圆形垫,圆形垫与S&I单元410相连接。转子440绕内部轴线旋转,并且每当移动传感设备800的大小或方向改变时,转子440的角速度和位移改变。当转子440旋转时,材料404在材料406上滑动,从而引起接触和分离运动,并且电流在经过整流器和能量储存单元之后流向S&I单元410。以这种方式,设备800可以在与钻井液一起流动的同时利用轴向和径向的井下能量。设备800可以如之前实施例中所述封装于保护罩中。

[0042] 可替代地,钻井接头可以作为钻井组件的一部分在井筒内运行,以测量井下参数以及钻井动力学参数。一旦从井筒中拔出钻井组件,就可以下载数据,或者当与无线数据遥测单元(诸如泥浆脉冲遥测系统或声学遥测单元)相连接时,可以实时发送数据。该设备不依靠流动起作用,因此,钻井接头可在经历井漏的井筒内运行,例如以在执行诸如通过水泥承转器对堵漏材料(LCM)进行泵送的补救措施以消除损失之前获得关于裂缝的准确位置以及井下温度的信息。在这种情况下,知道裂缝的准确位置能允许钻井者将水泥承转器设定在裂缝的正上方,因此增加了堵漏材料直接进入裂缝的可能性。在通过温度启动LCM的情况下,在泵送堵漏材料之前知道井下温度有助于对LCM进行优化,使得LCM将在裂缝附近的温度下固化并且使堵漏固化。

[0043] 图9示出了根据一个或多个示例性实施例的包括一个或多个MMSD700的系统900。如该图所示,图4至图8中的MMSD可嵌入钻井接头或钻杆436中。可以存在以径向模式放置的若干个设备700,该设备700可以在接头436上重复多次,或者该设备700可以以任何模式放置在钻井接头上的任何地方。当沿任何方向嵌入钻井接头436中时,图4至图8中的MMSD700可以使井筒中的振动能量(诸如在钻井、进出井筒、划眼时钻柱组件所经历的振动)最大化。此运动可以触发杠杆在不同方向上移动,使材料A在杠杆的角部处朝向垫的材料B移动并且与材料B接触。钻井接头436可作为钻井组件的一部分在井筒内运行,以测量井下参数以及钻井动力学参数。

[0044] 设备700还可适于利用侧向/横向/径向运动(诸如在钻井筒时钻柱的旋转以及钻柱的扭转和侧向振动)。此外,当钻柱被拉出井筒、当钻柱在井筒内运行以及在划眼行程期间,存在钻柱的侧向/横向/径向运动。

[0045] 嵌入的MMSD700可用于测量井下地质、钻井动态和方向参数。此外,它们还可以布置为具有在沿钻柱的通信信道中实时发送这些参数的构造。沿钻柱具有多个收发器的通信信道采用低功率无线技术(诸如低功率Wi-Fi、蓝牙、蓝牙低功耗、ZigBee等)。更高的频率还

允许更好的信号和更长的传输距离。

[0046] 图10示出了根据一个或多个示例性实施例的包括一个或多个MMSD700的通信系统1000,一个或多个MMSD布置成嵌入在钻井接头/钻杆436中的环形配置,以测量井下地质和钻井参数以及沿沿钻柱的通信信道442实时发送该数据。收发器采用诸如低功率Wi-Fi、蓝牙、蓝牙低功耗、ZigBee等低功率无线技术。高频率允许更好的信号和更长的发送距离。然而,由于在较高频率下,衰减和功率要求也较高,所以可以对系统进行优化。天线可以是定向的、全向的和点对点的。天线也可以是诸如单极、偶极、倒置、环形、螺旋形、曲折和贴片天线等的平面天线。在这种数据遥测的无线模式中,数据可以沿钻柱无线发送,沿通信单元移动,如在从底部到地面以及从地面到底部的中继器中。该设备可以布置成环形构造或任何其它构造,并且可以检测一个或多个井下参数。设备也可以根据信号能够无线传播的最大距离而放置在钻杆上。通过收发器获得的任何数据能够通过前面描述的遥测方法立即发送到地面。高传输率也不受现场泥浆类型的影响。

[0047] 公开的示例性实施例提供了足以供应所需电源的井下发电量,以便为沿钻柱的每个数据中继设备供电,从而实现高得多的数据传输率,这也不受现场泥浆类型的影响。因此,设备设计为自供电遥测系统,特别适用于超高温($>125^{\circ}\text{C}$)的环境。

[0048] 图10中的示例性实施例涉及高温自供电井下通信系统(HTSP-DCS),以提高速度并且增强在高温井筒中钻柱底部与地面之间的数据传输的可靠性。增加数据传输的速度以允许精确表示被钻构造和井下环境的特征,使得可以根据计划到达目标储层。此外,可以从地面到井底获得实时分布式感测数据的智能钻杆概念,使得能够实时检测具有部分/严重损失区的深储层中的井涌,从而达到对井的精确控制。

[0049] 然而,应当注意的是,图4、图6和图8中的设计不依靠钻井液流动来操作。因此,该特征使得能够进行多种井下应用。钻井接头436可在经历井漏的井筒内运行,以在执行诸如通过水泥承转器泵送堵漏材料(LCM)的补救措施以消除损失之前获得例如关于裂缝的精确位置以及井下温度的信息。在这种情况下,知道裂缝的准确位置允许钻井者将水泥承转器设置在裂缝的正上方,因此增加了堵漏材料直接进入裂缝的可能性。在通过温度对LCM进行启动的情况下,在泵送堵漏材料之前知道井下温度有助于对LCM进行优化,使得LCM在裂缝附近的温度下固化并且使堵漏固化。

[0050] 该设备和通信信道布置可以用于辅助加压的泥浆帽钻井,例如,管理加压钻井的变型,以在整个井漏区中向前钻进。在加压泥浆帽钻井中,在旋转控制设备(RCD)下方注入轻质环形泥浆(LAM)以替代在井漏开始时在井筒中的钻井液。然后,将牺牲流体泵送通过钻柱,该牺牲流体流入裂缝中。LAM对破裂带上方的构造的孔隙压力进行平衡的同时保持一定的表面背压。然后,在牺牲流体和钻屑流入裂缝的地方继续钻井。通过表面背压和泵压力监测井涌。在井涌的情况下,将更多的LAM向下泵入环形空间。然而,该方法的主要缺点之一在于,仅可在地面处测量井涌,并且如果不仔细观察,则可能容易导致井喷。如果将例如具有压力传感器的设备和通信单元沿钻井组件放置,则在地面处可以立即检测到环形空间中的压力的任何变化,并且可以在井涌沿环形空间向上行进之前修改LAM并且使LAM沿环形空间向下泵送。因此,当在井漏区中钻井时,该设备和通信信道可以是有价值的工具。

[0051] 在上述示例性实施例中描述的井下发电机设计为通过利用具有相反极性的两种材料之间的摩擦来产生电力。利用独特的设备,我们描述了如何充分利用通常在钻井环境

中遇到的机械能/液压能(诸如振动和泥浆流),以在两种材料之间产生摩擦。然而,当在井中使用,必须仔细对这种发电机进行设计和优化,以充分利用可用的井下能源,而不对勘探和生产活动造成干扰。振动可以由机械运动和泥浆流直接触发,并且可以利用泥浆流和微型涡轮机间接触发。通过摩擦产生电力的原理是基于物体在通过摩擦接触另一材料之后会带电。当物体与另一材料接触时,电荷从一种材料移动到另一种材料。有些材料具有获得电子的倾向,而有些材料具有失去电子的倾向。如果材料A具有高于材料B的极性,那么电子从材料B注入到材料A中。这导致具有相反电荷的表面。当这两种材料分离时,由于两种材料之间的电荷不平衡,当负载在材料之间连接时,存在电流流动。电流继续流动直到两种材料处于相同电势。当材料再次朝向彼此移动时,再次产生电流,但是电流方向相反。因此,材料的这种接触和分离运动可以用于产生电力。此外,用于构建电源的材料,诸如铝、铜、聚酰亚胺、PTFE、PDMA或可产生静电的任何其它材料可在高温($>125^{\circ}\text{C}$)下工作。

[0052] 在上述示例性实施例中描述的系统包括无线通信技术作为数据发送方法。通过使无线通信技术与放置在钻柱中的特定位置处的收发器联接以将数据从MWD和LWD工具发送到地面,可以实现比泥浆脉冲遥测快高达百万倍的数据发送数据速率(比特每秒到兆比特每秒)。增加的数据发送率在钻井环境中提供了显著的优点,诸如可以立即响应井控问题和修改泥浆程序。泥浆脉冲遥测系统由放置在钻杆上特定位置处的从井的底部到地面的收发器阵列所代替。每个收发器与上述发电机相连接,并且在井下钻井环境中由机械/液压运动触发。这些收发器之间的距离取决于使用的无线通信技术、由发电机提供的功率、井下环境和微控制器的功率管理电路以及其它变量。该收发器阵列如在中继器中那样将数据从一个收发器发送到另一个收发器,从井的底部发送至地面。

[0053] 由于与泥浆脉冲遥测相比,无线通信的速度增加,所以每秒可以发送更多数据,从而增加了在地面获得的数据的分辨率。传感器可以与上述示例性实施例中描述的通信模块集成。这是可实现的,因为传感器和发射器不同时操作。一旦工具停止操作,其可以关闭并且进入睡眠以减少功率使用。这样做的指令由微控制器单元处理。可以用于有效监测井、并且如果存在问题则立即响应的智能钻杆提供实时分布式感测数据。通信模块中的传感器的数量和类型取决于每个通信模块处的电力的可用性。

[0054] 在以上部分中描述的示例性实施例还描述了足以为井下传感器和仪器供应所需电力的井下发电系统。该系统不受现场泥浆类型的影响。因此,该系统设计为自供电的发电机,特别适合在高温($>125^{\circ}\text{C}$)环境中使用。

[0055] MEMS(微机电系统)技术的进步已经为以微米或纳米尺寸构建这些设备铺平了道路,然后这些设备集成在一起以产生可用于有挑战性的应用的低成本、微型、智能MMSD。微型移动传感设备(MMSD)在井下应用中是有用的,因为该微型移动传感设备可以部署在具有泥浆流的井下以测量井下参数。该微型移动传感设备可以直接流到井的底部,并再次向上流到地面,从而提供井筒的完整轮廓。在上面公开的实施例中,示出了MMSD如何在尺寸、成本、灵敏度、功率、移动性和潜在的井下应用方面提供优于诸如电缆和MWD/LWD的当前技术的明显优点的示例。本公开描述了如何通过MMSD在流动中的运动来收集能量以及如何将该能量转换成电力以向设备中的传感器、仪器和通信模块供电。本公开还描述了这些MMSD的若干应用,诸如感测、致动、监视数据以及在井下环境中发送和接收数据。

[0056] 图4至图6和图8中的设计所实现的一个特征是,该设备可以用作实时、自供电的有

源传感器,以测量钻柱的振动和旋转速度。这意味着该设备可以同时供电和感测特定参数。材料A对材料B的冲击的大小和频率将与杠杆系统中产生的静电成比例。类似地,材料A在材料B上滑动的频率将与所产生的静电成比例。因此,该设备不仅是发电机,而且它还可以作为振动和转速传感器。

[0057] 图11示出了根据一个或多个示例性实施例的包括一个或多个MMSD700的系统1100。图11示出了设备700如何能够嵌入到钻头438的正上方,其中一旦接头位于地面,能够易于取出设备。可以存在一个或几个设备以这种方式放置。可以在地面下载设备内的数据以获得诸如压力和温度等井下参数,以及诸如扭矩、振动、钻压、每分钟转数(RPM)、穿透率(ROP)的钻井动态信息。钻井动态数据可以通过S&I中的传感器或通过设备本身作为有源传感器以分析诸如轴向/横向振动和粘附/滑动的常见钻井问题来获得。可以使用上述示例性实施例中说明的通信信道将来自钻头438处的有源传感器的数据发送到地面。

[0058] 图4至图8中的MMSD设计为与钻井液一起行进,通过钻柱到达井筒的底部,然后向上到达环形空间和到达地面。在这种情况下,发电机仅由钻井液流触发。然后,如图7A至7D所示,可以利用MMSD来执行井下的多种功能。该设备在钻柱和井筒内行进时可以获得诸如压力和温度的井下参数,并且一旦在地面处收回该设备,就可以下载该数据。该设备还可以在以下系统中:该设备继续流过地面-钻柱-环形环路,在位于地面流动回路的数据采集设备可以无线下载数据。因此,可以以类似于图1至图3中所示的方式使用图4至图8的MMSD。

[0059] 在一些实施例中,多个设备可以布置成环形构造,可以用于测量井下地质和钻井参数以及沿钻柱的通信通道实时发送该数据。收发器采用诸如低功率Wi-Fi、蓝牙、蓝牙低功耗、ZigBee等低功率无线技术。然而,由于在较高频率下衰减和功率要求也较高,因此必须对系统进行优化。天线也可以是定向的、全向的和点对点的。天线也可以是例如单极、偶极、倒置、环形、螺旋形、曲折和贴片天线等平面天线。在这种数据遥测的无线模式中,数据可以沿钻柱无线发送,沿通信单元移动,如在从底部到地面以及从地面到底部的中继器中。上述设备可以布置成环形构造或任何其它构造,并且可以检测一个或多个井下参数。也可以根据信号能够无线传播的最大距离使设备放置在钻杆上。利用该设备不依靠泥浆流来运行的优点,该设备和通信信道布置可以用于辅助加压泥浆帽钻井,例如,管理压力钻井的变型,以在全井漏区中向前钻进。在加压泥浆帽钻井中,在旋转控制设备(RCD)下方注入轻质环形泥浆(LAM)以替代在井漏开始时在井筒中的钻井液。然后,对牺牲流体进行泵送通过钻柱,该牺牲流体流入裂缝中。LAM平衡破裂带上方的构造的孔隙压力的同时保持一定的表面背压。然后,在牺牲流体和钻屑流入裂缝处继续钻井。通过表面背压和泵压力监测井涌。在发生井涌的情况下,更多的LAM泵送到环形空间中。然而,该方法的主要缺点之一在于,仅可在地表处测量井涌,并且如果不仔细观察,则可能容易导致井井喷。如果例如具有压力传感器的设备和通信单元沿钻井组件放置,则在地面处可以立即检测到环形空间中的压力的任何变化,并且可以在井涌沿环形空间向上行进之前对LAM进行修改并且沿环形空间向下泵送LAM。因此,当在井漏区中钻井时,该设备和通信通道可以是有价值的工具。

[0060] 该设备还可用作实时自供电的有源传感器,以测量钻柱的振动和转速。第一材料对第二材料的冲击的大小和频率将与杠杆系统中产生的静电成比例。类似地,第一材料在第二材料上滑动的频率将与所产生的静电成比例。因此,该设备不仅是发电机,而且它还可以用作振动和转速传感器。在一些实施例中,该设备可以嵌入在钻头的正上方,其中一旦接

头位于地面处,则能够易于取出该设备。可以有一个或几个设备以这种方式放置。可以在地面下载设备内的数据以获得诸如压力和温度的井下参数,以及诸如扭矩、振动、钻压、每分钟转数(RPM)、穿透率(ROP)的钻井动态信息。钻井动态数据可以通过S&I中的传感器获得,或通过设备本身作为有源传感器获得,以分析诸如轴向/横向振动和粘附/滑动的常见钻井问题。该设备相对于MWD和LWD的主要优点是,该设备可以执行与MWD和LWD工具相同/相似的功能,但是当大量生产时更加紧凑、灵活、节约成本,并且不依靠电池来向S&I供电。使来自该设备的数据也可以由设备收发器发送到无线数据遥测单元(诸如泥浆脉冲遥测系统或声学遥测单元),收发器位于钻头的更上方,使得可以实时将数据发送到地面。类似地,可以由设备的收发器通过无线数据遥测单元从地面接收数据(例如用于改变比特方向)。

[0061] 包括发明内容、附图简要说明和具体实施方式的说明书以及所附权利要求涉及本公开的特定特征(包括过程或方法步骤)。本领域技术人员理解,本发明包括说明书中描述的特定特征的所有可能的组合和使用。本领域技术人员理解,本公开不限于说明书中给出的实施例的描述或不受其限制。

[0062] 本领域技术人员还理解,用于描述特定实施例的术语不限制本公开的范围或广度。在解释说明书和所附权利要求时,所有术语应当以与每个术语的上下文一致的最宽的可能方式来解释。除非另有定义,否则说明书和所附权利要求书中使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属领域的普通技术人员通常理解的相同的含义。

[0063] 如在说明书和所附权利要求中所使用的,单数形式“一”、“一个”和“该”包括复数引用,除非上下文另有明确指示。动词“包括”及其结合形式应当被解释为以非排他的方式指代元件、部件或步骤。所引用的元件、部件或步骤可以与未明确引用的其它元件、部件或步骤一起存在、使用或进行组合。

[0064] 除非另外具体说明或者在所使用的上下文内以其他方式理解,否则诸如“能够”、“可能”或“可以”等条件语言一般旨在传达某些实施方式可包括而其他实施方式不包括某些特征、元素和/或操作。因此,这样的条件语言一般不旨在暗示特征、元素和/或操作以任何方式对于一个或多个实现是需要的,或者一个或多个实现必须包括用于在有或没有用户输入或提示的情况下决定这些特征、元素和/或操作是否包括在任何特定实施方式中或者是否要在任何特定实施方式中执行的逻辑。

[0065] 因此,本文所述的系统和方法非常适于实现所述目的并且获得所提及的结果和优点,以及其中固有的其它结果和优点。虽然为了公开的目的已经给出了系统和方法的示例性实施例,但是在用于实现期望结果的过程的细节中存在许多变化。这些和其它类似的修改对于本领域技术人员来说是显而易见的,并且旨在包括在本文公开的系统和方法的主旨以及所附权利要求的范围内。

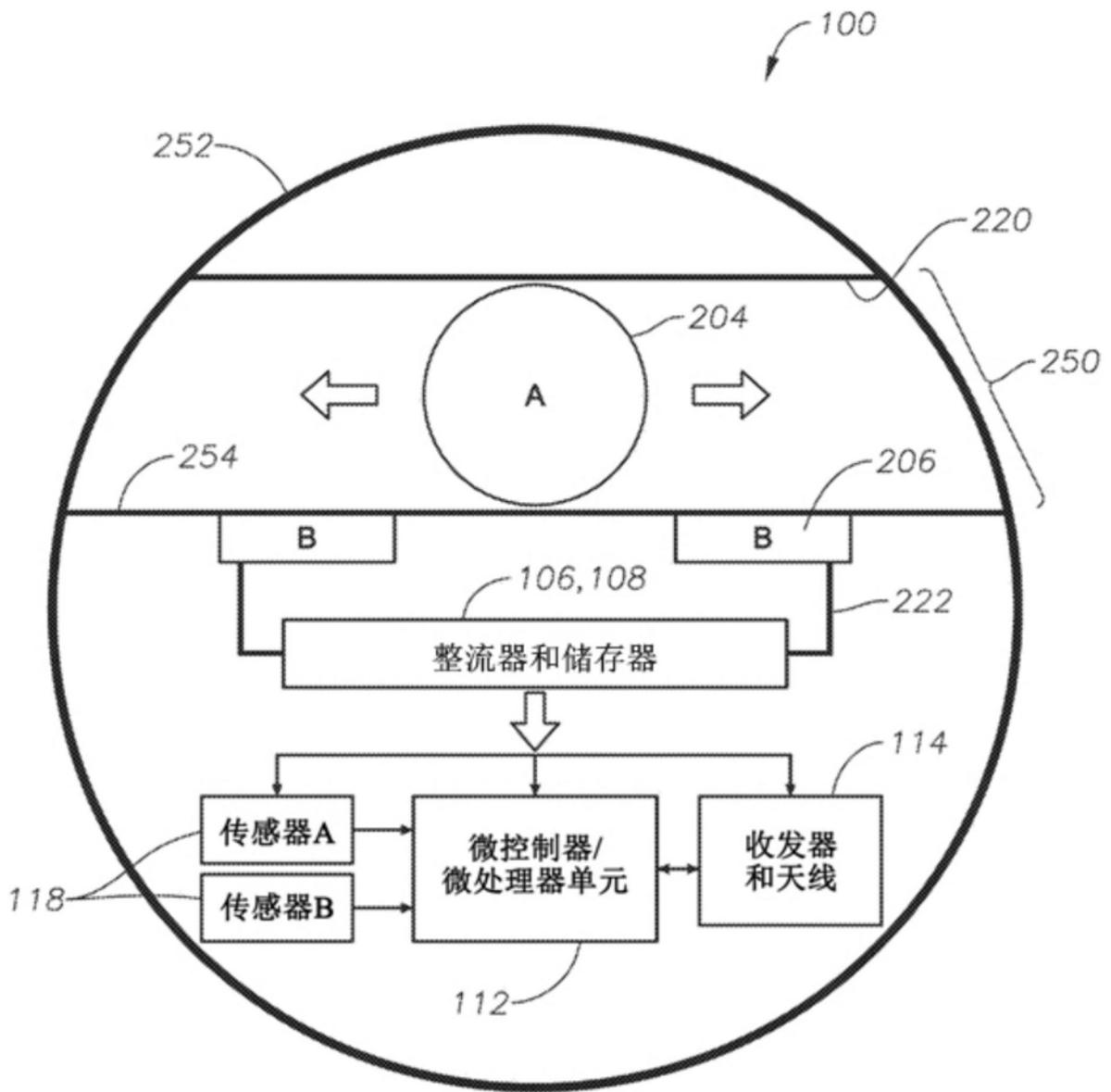


图1

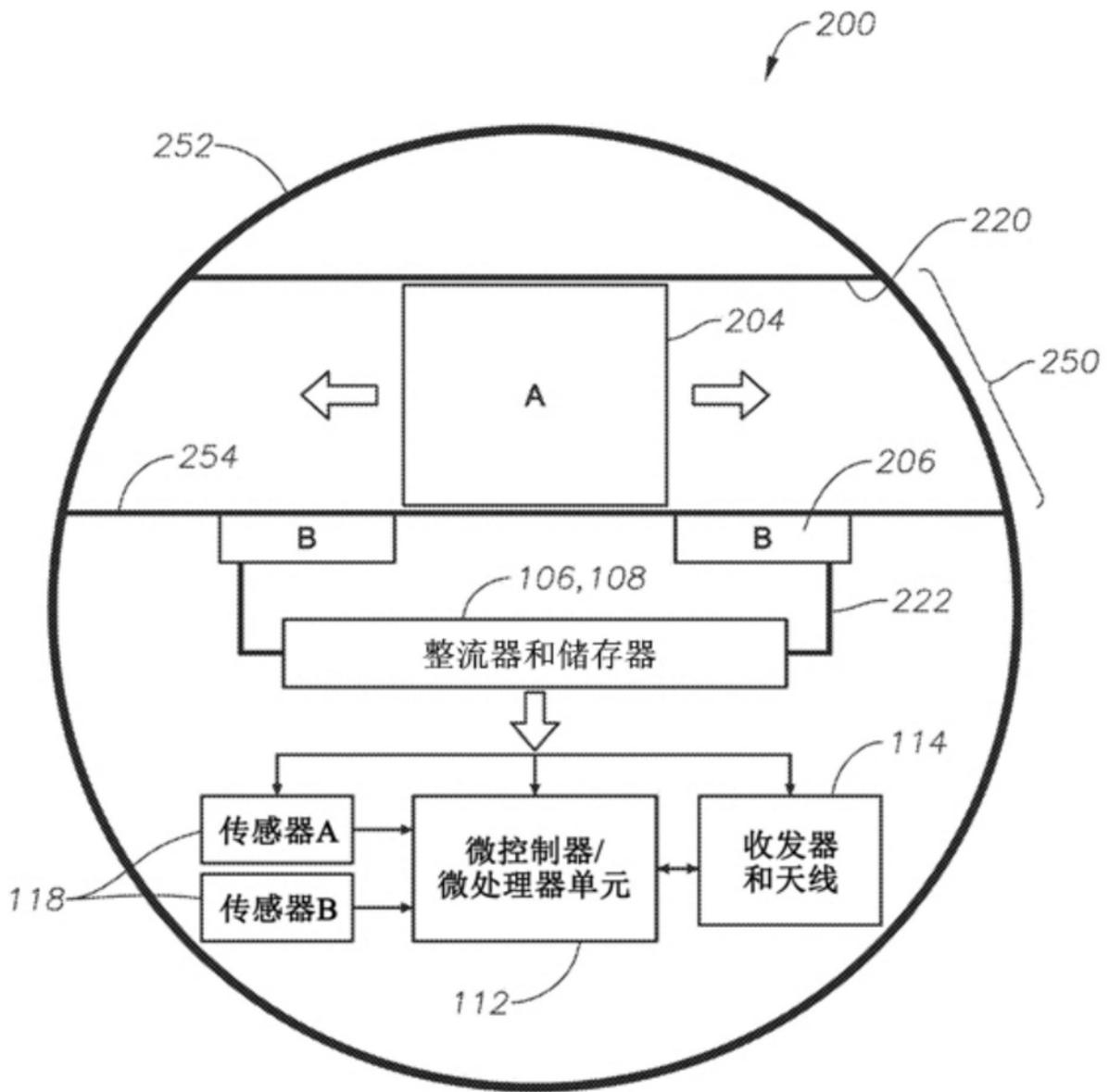


图2

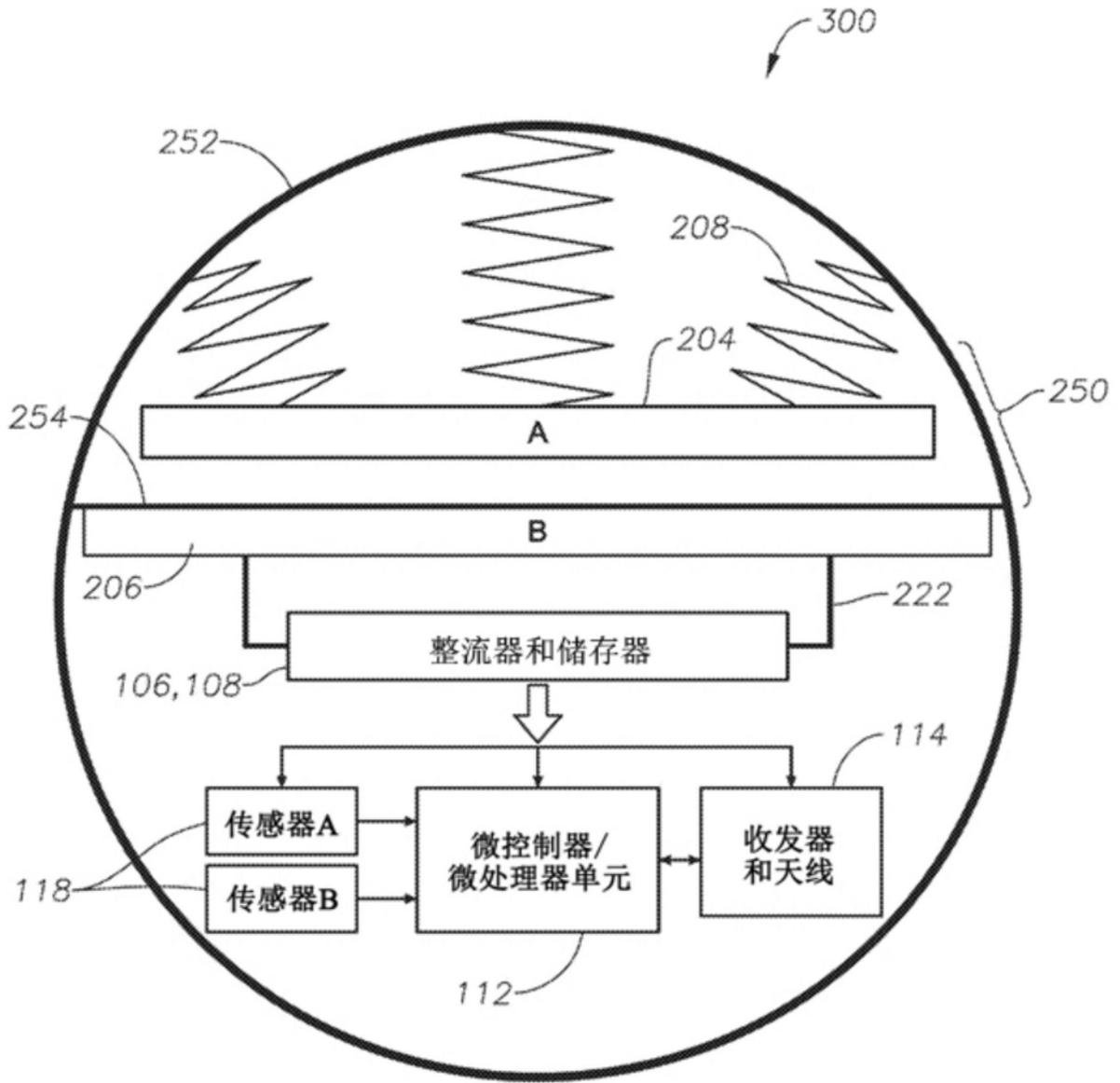


图3

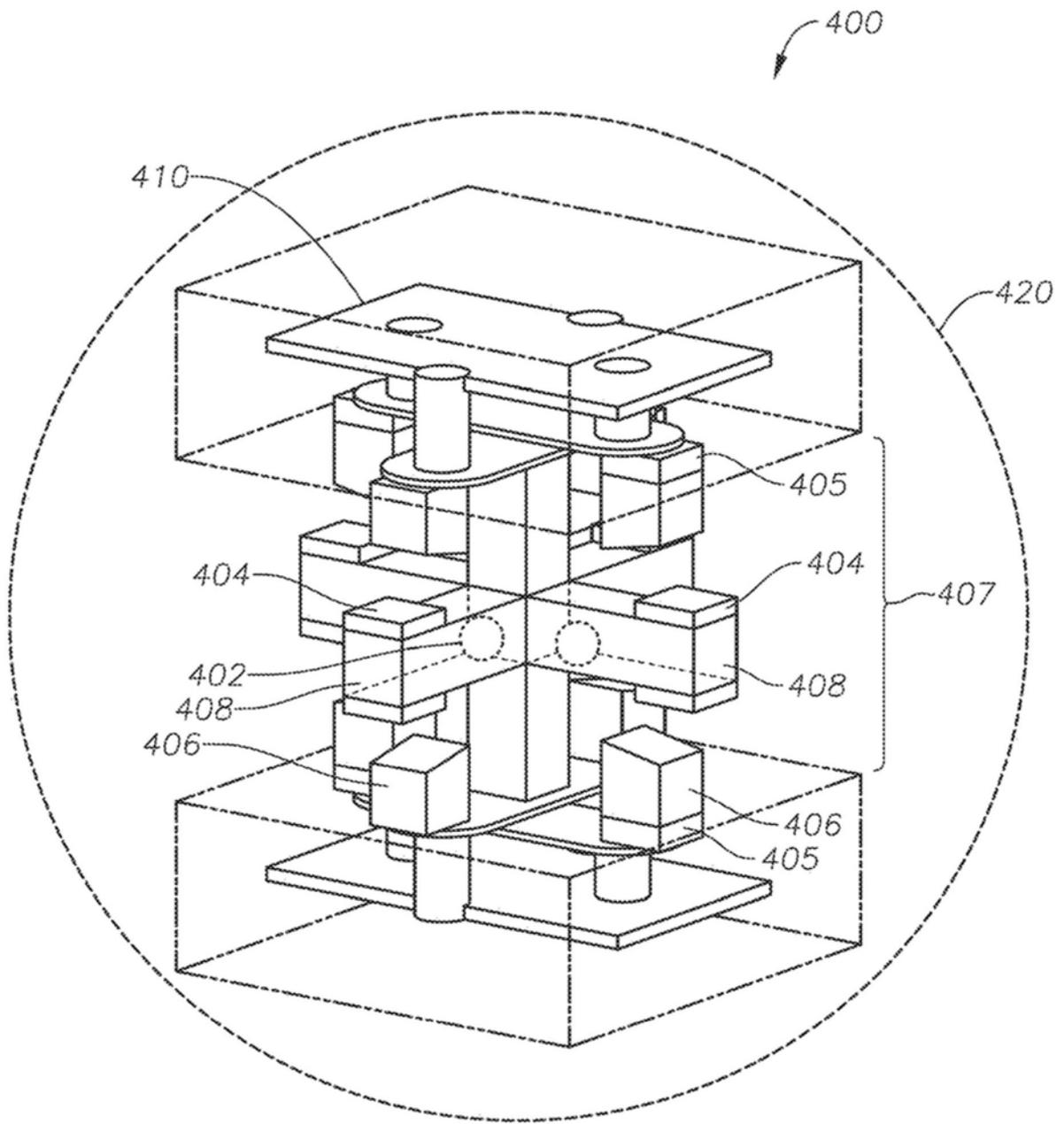


图4

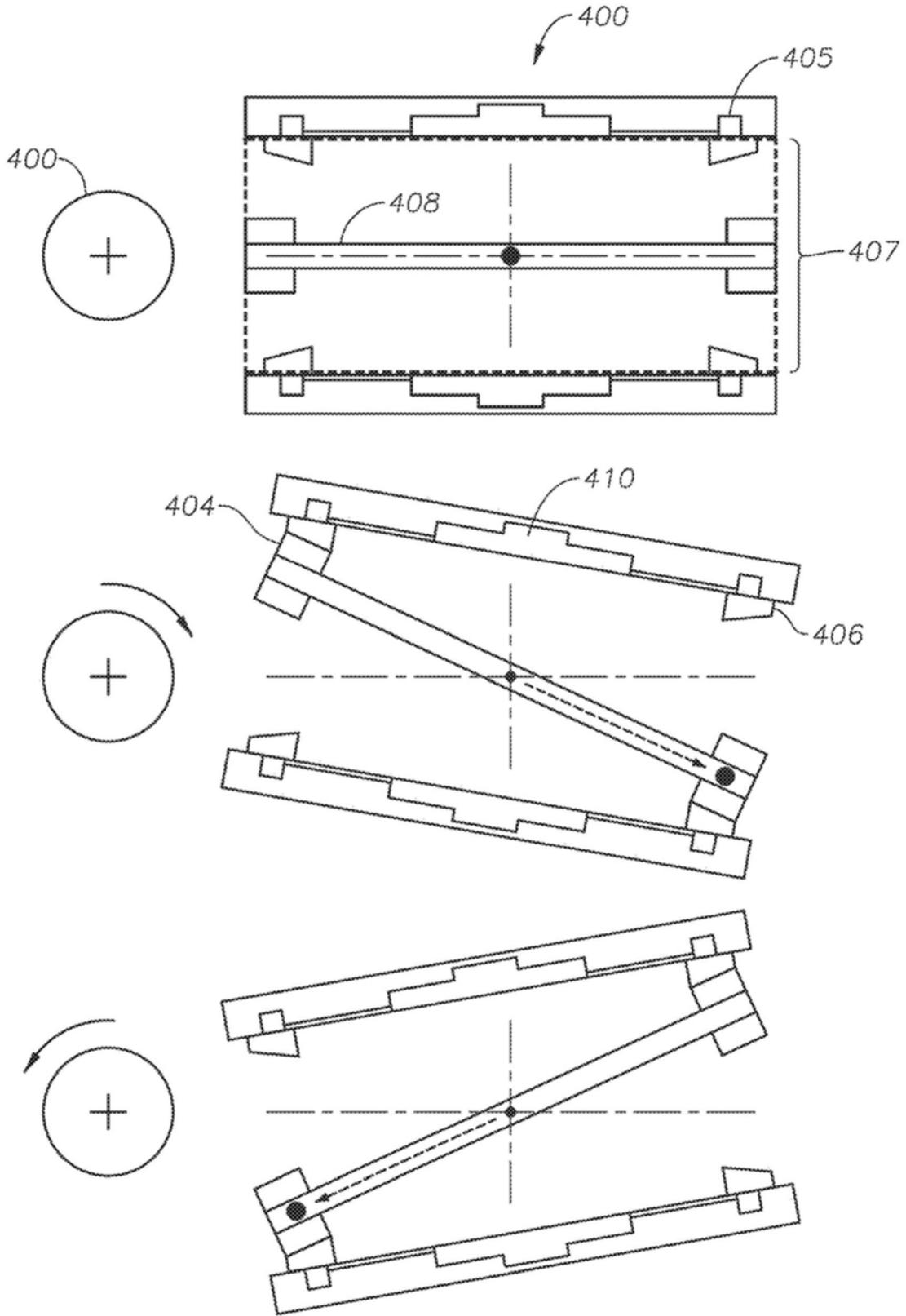


图5

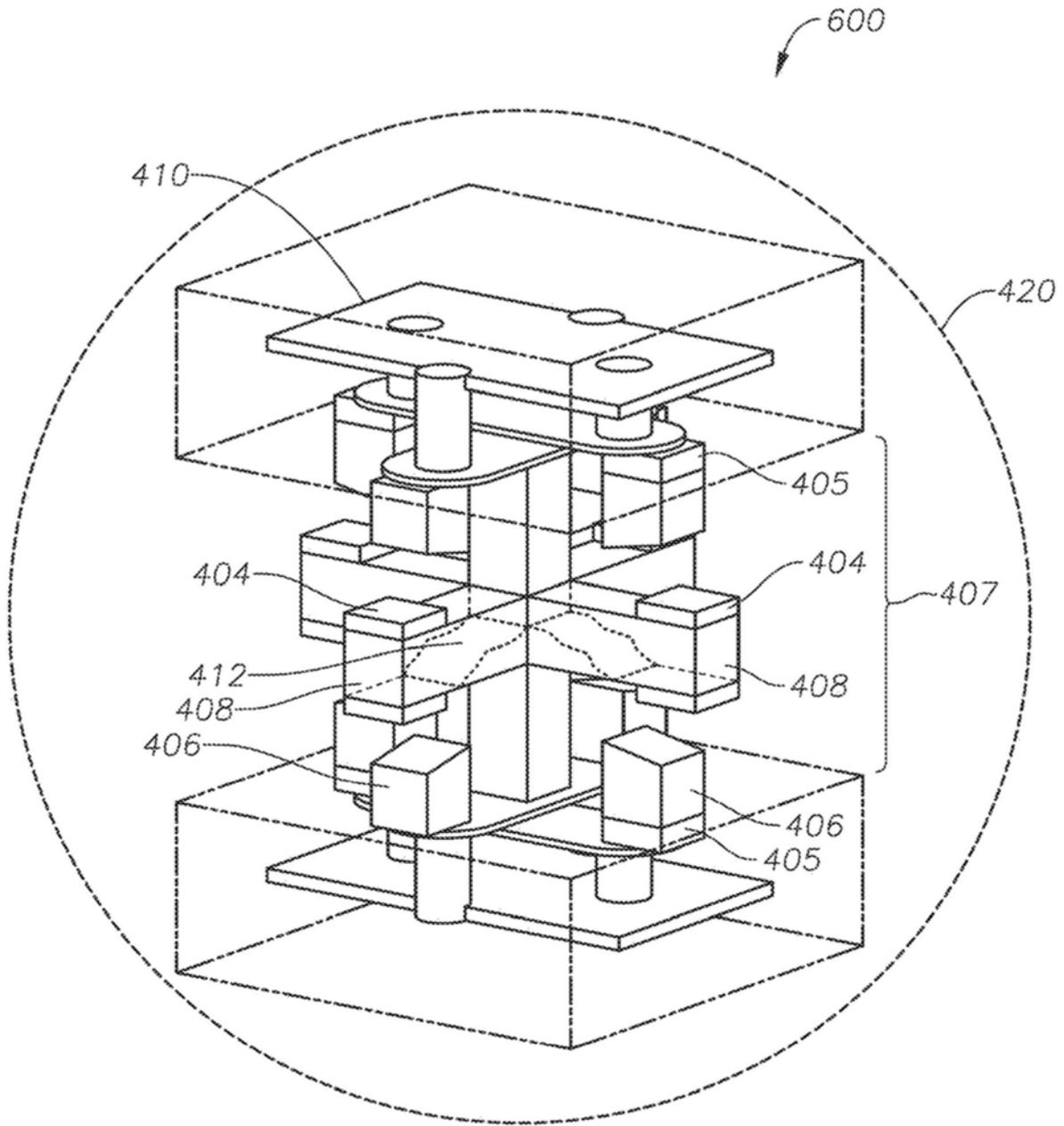


图6

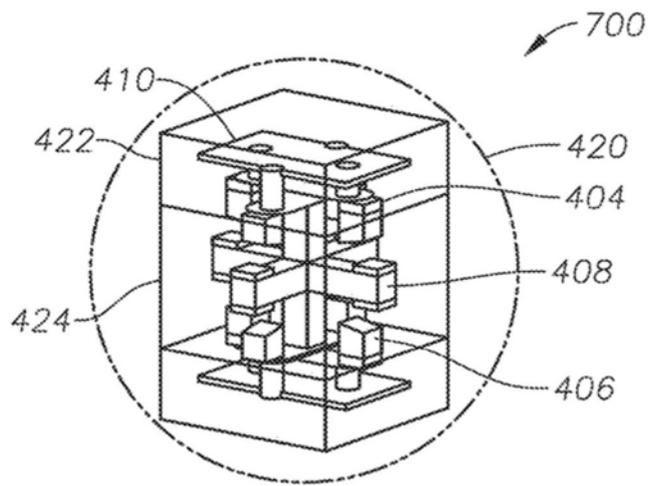


图7A

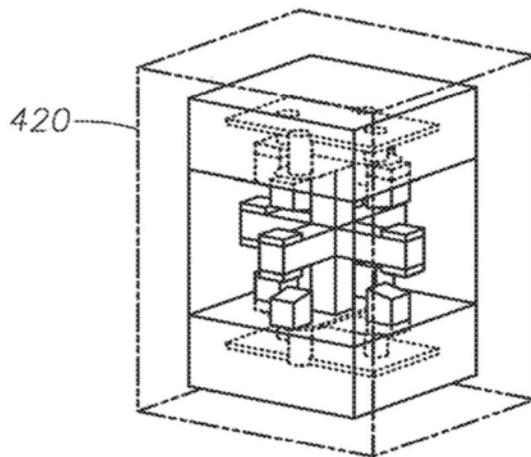


图7B

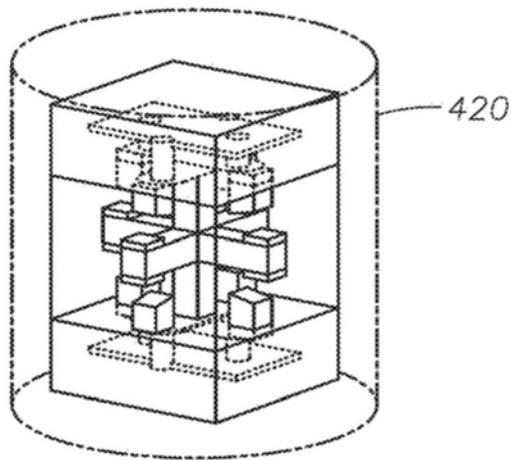


图7C

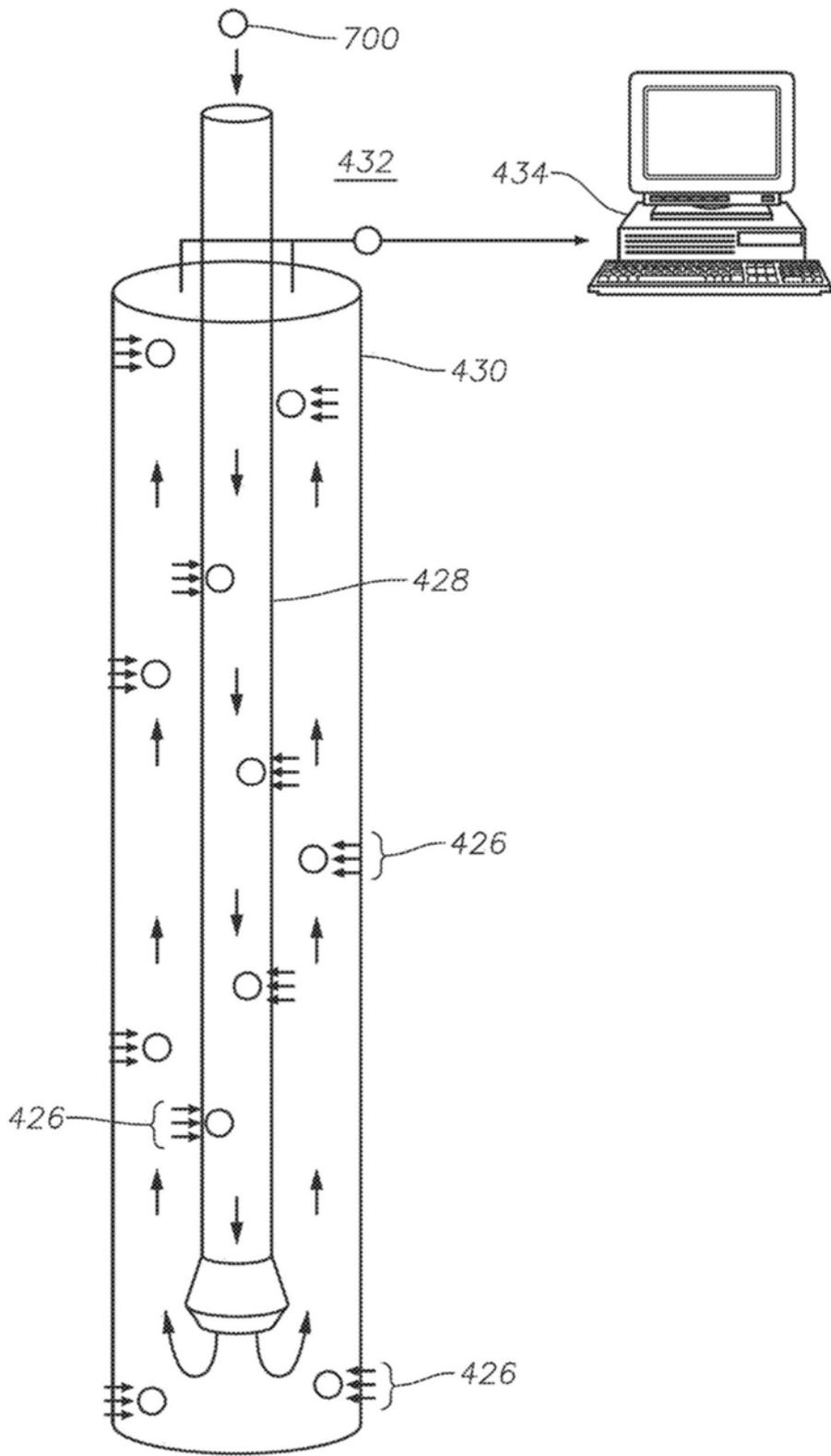


图7D

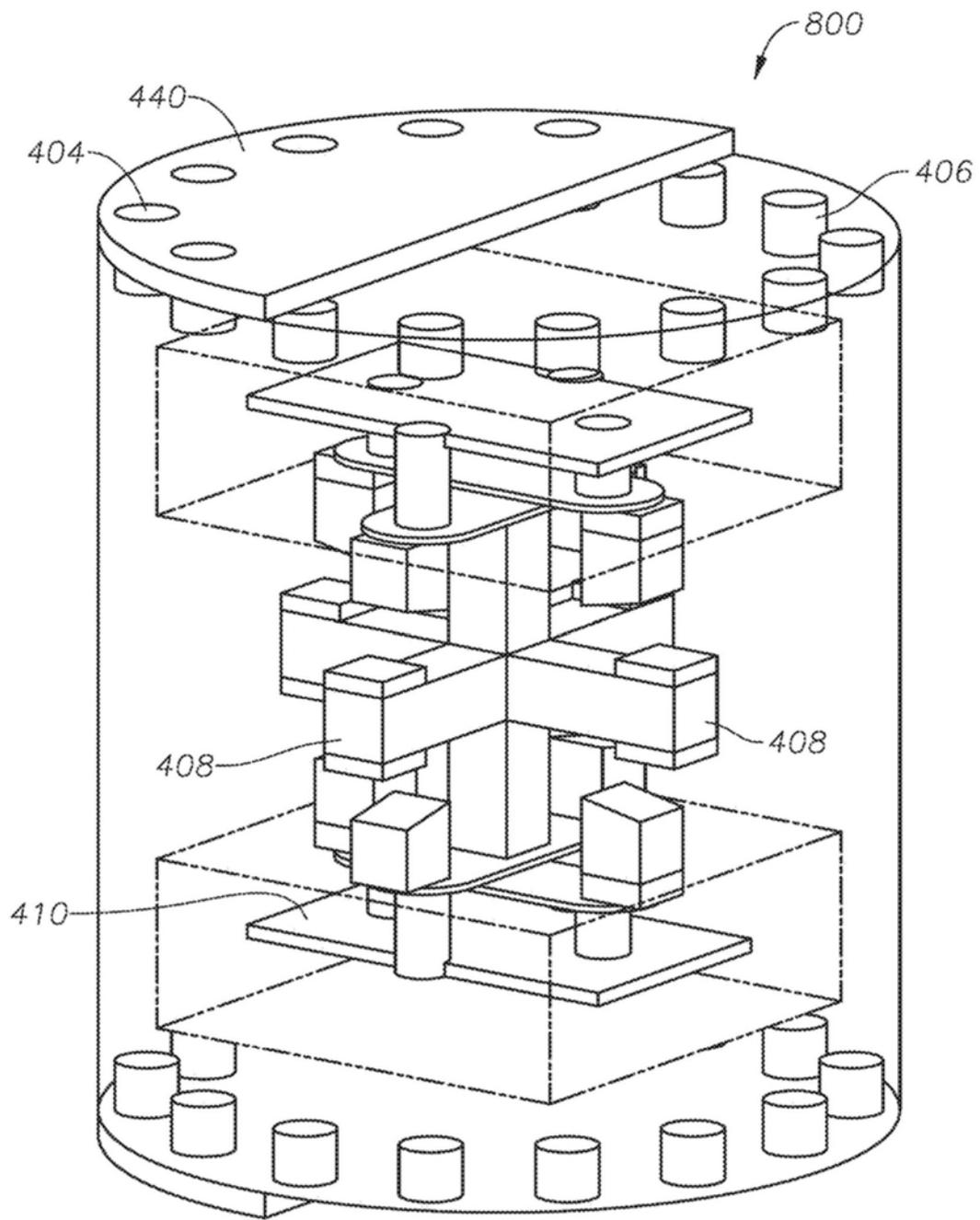


图8

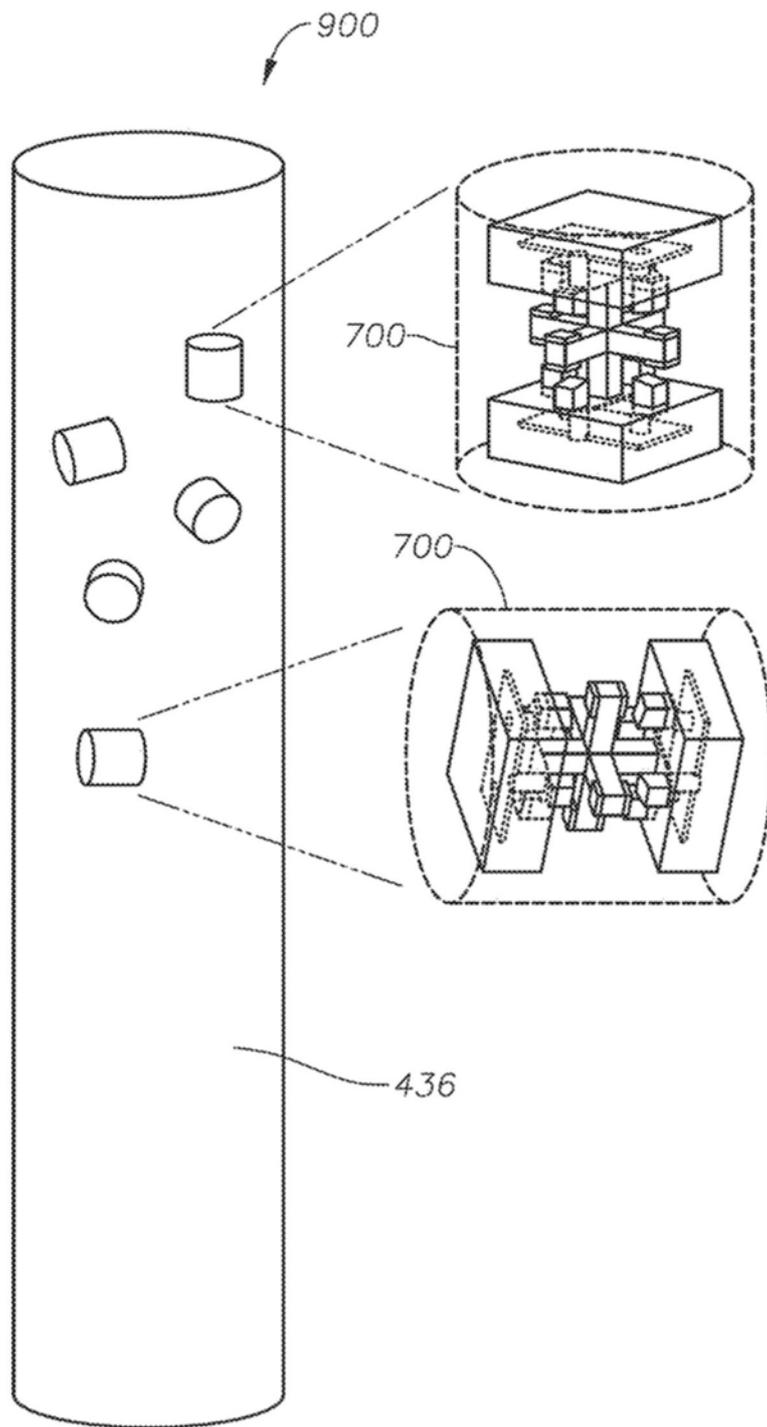


图9

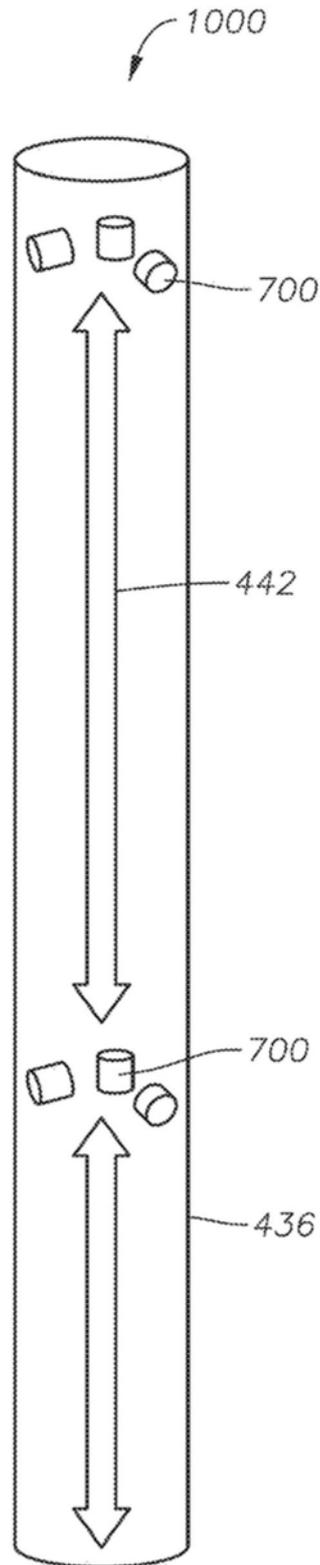


图10

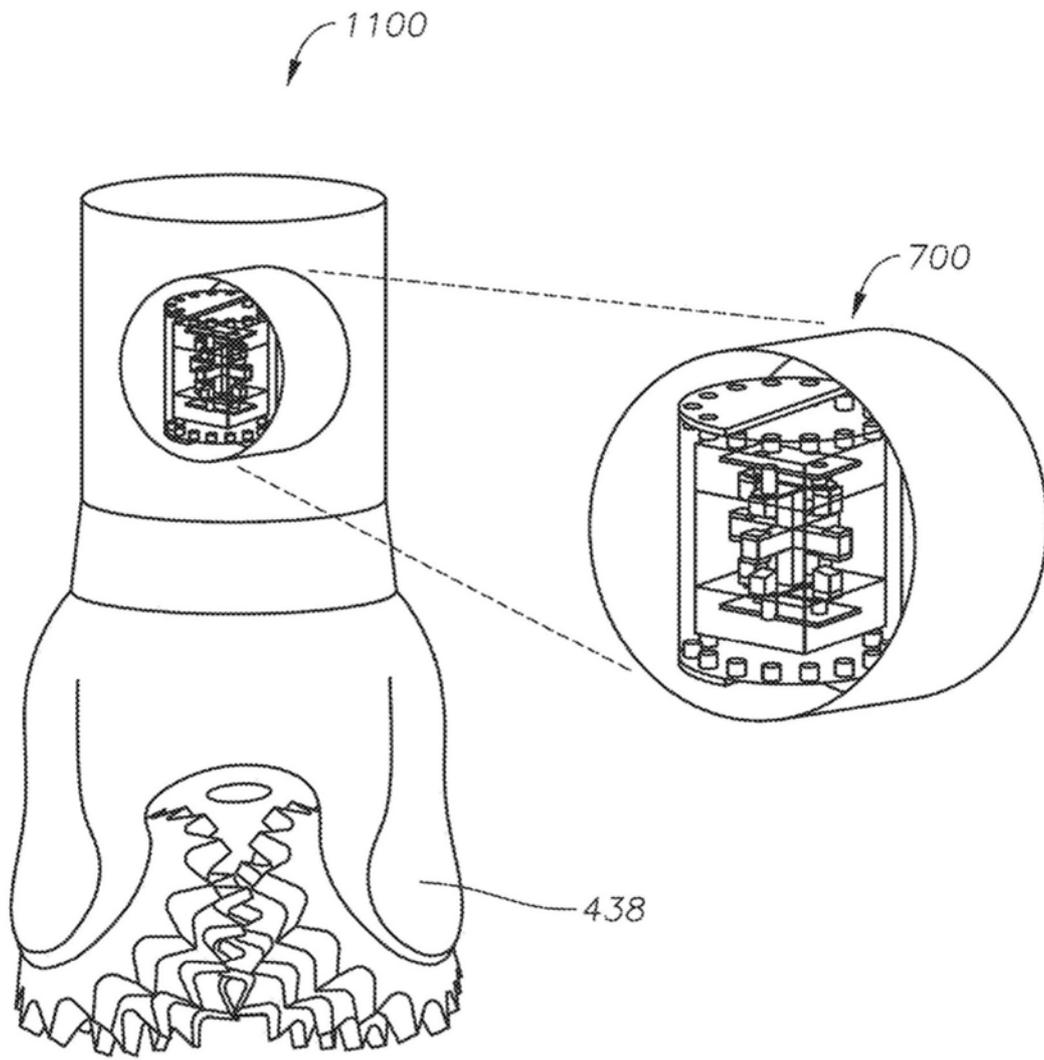


图11