



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114554935 A

(43) 申请公布日 2022. 05. 27

(21) 申请号 202080058128.7

(22) 申请日 2020.06.29

(30) 优先权数据

62/868,109 2019.06.28 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.02.17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/040192 2020.06.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/264527 EN 2020.12.30

(71) 申请人 恩迪亚克斯股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 D.V.莫耶 T.P.史密斯

J.G.艾尔德 D.A.利布基

B.J.邦内斯

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

专利代理师 葛飞

(51) Int.Cl.

A61B 1/045 (2006.01)

A61B 5/07 (2006.01)

A61B 10/04 (2006.01)

A61B 10/06 (2006.01)

A61B 10/02 (2006.01)

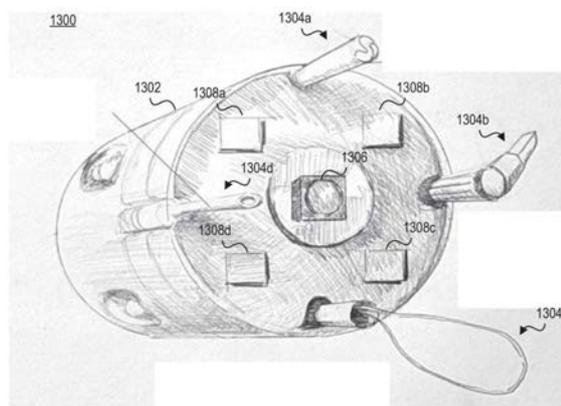
权利要求书3页 说明书25页 附图30页

(54) 发明名称

具有操纵能力的可摄取装置

(57) 摘要

这里介绍的是一种可摄取装置,其可以包括胶囊、介入工具和处理器,该处理器配置为可控地使用介入工具来操纵活体中的结构。可摄取装置还可以包括摄像头,该摄像头配置成当可摄取装置穿过活体时生成各种体内环境的图像。这些图像可被无线传输到位于活体外部的电子设备,以使得能够对介入工具进行更大控制。



1. 一种装置,包括:
 - 胶囊,其包括适用于活体摄取的生物相容材料;
 - 介入工具,其配置为当从胶囊延伸时操纵活体中的结构;
 - 传感器,其配置为基于由结构反射的能量生成图像数据;
 - 天线;
 - 处理器,其配置为使数据经由天线传输到位于活体外部的接收器;以及
 - 收发器,其配置为在通过天线传输之前调制数据。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具通过所述胶囊中的孔朝向所述结构延伸。
3. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具包括以下中的至少一个:活检机构、针、切割机构、推动机构、拉动机构、抓取机构、烧灼机构或输送机构。
4. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具包括活检机构,并且其中,所述处理器还配置成:
 - 接收指示使用活检机构从所述结构收集样本的指令的第一输入,
 - 使活检机构朝向所述结构延伸,以及
 - 使活检机构通过所述胶囊中的孔从所述结构缩回。
5. 根据权利要求4所述的装置,其中,所述活检机构响应于所述处理器接收到指示活检机构成功收集所述样本的确认的第二输入而从所述结构缩回。
6. 根据权利要求5所述的装置,其中,所述确认由配置为监测所述活检机构是否包括所述样本的另一传感器生成。
7. 根据权利要求5所述的装置,其中,所述确认由个人通过电子设备提交。
8. 根据权利要求2所述的装置,还包括:
 - 屏障,其配置为当屏障处于第一位置时阻止所述介入工具暴露于活体,
 - 其中,当屏障处于第一位置时,所述孔被完全遮挡;以及
 - 展开机构,其配置为在所述介入工具从所述胶囊延伸通过所述孔之前将屏障移动到第二位置,
 - 其中,当屏障处于第二位置时,所述孔至多被部分遮挡。
9. 根据权利要求8所述的装置,其中,所述展开机构还配置为响应于所述处理器确定所述介入工具已经通过所述胶囊中的孔缩回而将所述屏障移动到所述第一位置。
10. 根据权利要求4所述的装置,其中,所述活检机构包括针,所述针具有中空主体,所述中空主体在远端具有锋利尖端。
11. 根据权利要求10所述的装置,其中,所述针包括沿着中空结构主体的内表面的倒钩,并且其中,所述倒钩定向成当所述锋利尖端从所述结构收回时阻止所述样本从中空结构主体移除。
12. 根据权利要求2所述的装置,还包括:
 - 屏障,其配置为当所述介入工具处于介入工具完全居于所述胶囊内的第一位置时阻止介入工具暴露于活体;以及
 - 展开机构,其配置为将所述介入工具移动到介入工具的至少一部分居于捕获器外的第二位置,

其中,将介入工具从第一位置移动到第二位置使屏障被刺穿。

13. 根据权利要求4所述的装置,还包括:

存储舱,其位于所述胶囊中;以及

收集机构,其配置为从所述活检机构移除所述样本以存储在存储舱中。

14. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具包括具有环线的息肉切除工具,并且其中,所述处理器还配置为:

接收指示使用息肉切除工具从所述结构收集样本的指令的输入,

使环线围绕所述结构的一部分延伸,然后缩回以从所述结构剪切该部分,以及

使息肉切除工具从所述结构缩回,同时用环线保持所述结构的该部分。

15. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具包括可致动爪,其具有用于切割的锋利边缘。

16. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具包括轴,所述轴具有沿着远侧尖端布置的多个倒钩,并且其中,所述处理器还配置成:

接收指示使用介入工具从所述结构收集样本的指令的输入,

使介入工具朝向所述结构延伸,使得远侧尖端穿透所述结构,

使介入工具部分缩回,以使所述结构的至少一部分作为所述样本移位,以及

使介入工具从所述装置分离,从而将所述样本释放到活体中。

17. 根据权利要求1所述的装置,

其中,所述介入工具包括抓取机构,该抓取机构包括可在第一位置和第二位置之间独立操纵的多个接合元件,

其中,当每个接合元件处于第一位置时,多个接合元件间隔开,并且

其中,当每个接合元件处于第二位置时,多个接合元件彼此靠近。

18. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具包括其中存储有材料的输送机构,并且其中,所述处理器还配置成:

接收指示将材料释放到活体中的指令的输入,以及

使输送机构释放存储在其中的至少一些材料。

19. 根据权利要求18所述的装置,其中,所述材料是辐射增强剂、烧灼剂、墨水或药物。

20. 根据权利要求18所述的装置,其中,所述输送机构包括针,该针在远端具有锋利尖端,所述材料通过该锋利尖端被喷射,并且其中,所述处理器配置成使针延伸到活体中的结构中,使得至少一些材料被注射到结构中。

21. 根据权利要求1所述的装置,其中,所述介入工具包括烧灼机构,其配置为通过传导、对流或辐射向所述结构施加热量。

22. 一种方法,包括:

由处理器使可摄取装置的摄像头生成活体中的结构的图像;

当可摄取装置位于活体中时,由处理器将图像转发到发射器,用于调制到天线上,以无线传输到接收器;

由处理器接收指示操纵活体中的结构的请求的输入;以及

当可摄取装置位于活体中时,由处理器使介入工具朝向结构延伸。

23. 根据权利要求22所述的方法,还包括:

由所述处理器接收指示所述介入工具已经成功操纵所述结构的确认的第二输入;以及由处理器使介入工具缩回到所述可摄取装置中的腔中。

24. 根据权利要求23所述的方法,还包括:

由所述处理器接收指示改变所述可摄取装置的位置和/或定向的请求的第三输入;

由处理器检查由传感器生成的数据,所述传感器配置成产生指示活体的特征的测量的值;以及

由处理器基于由传感器生成的数据来产生用于驱动可摄取装置的推进部件的信号。

25. 根据权利要求24所述的方法,其中,由所述传感器生成的数据代表围绕所述可摄取装置的流体的粘度、流速、压力或温度的离散测量。

26. 根据权利要求22所述的方法,其中,所述介入工具包括以下中的至少一个:活检机构、针、切割机构、推动机构、拉动机构、抓取机构、烧灼机构或输送机构。

27. 一种装置,包括:

胶囊,其具有限定腔的内表面;

介入工具,其在延伸穿过胶囊中的孔时能够操纵活体中的结构;以及

处理器,其配置为:

接收指示使用介入工具的指令的第一输入,

使介入工具在可摄取装置位于活体中时通过胶囊中的孔朝向结构延伸以操纵该结构,并且

使介入工具通过胶囊中的孔从结构缩回。

28. 根据权利要求27所述的装置,其中,所述介入工具是可由所述处理器独立控制的多个介入工具中的一个。

29. 根据权利要求28所述的装置,其中,所述多个介入工具中的每个介入工具配置成以不同的方式操纵活体中的结构。

30. 根据权利要求27所述的装置,还包括:

多个推进器,其配置成当所述装置位于活体内时控制装置围绕三个相互垂直轴线的移动。

31. 根据权利要求30所述的装置,其中,所述处理器还配置成在所述介入工具被展开时使所述多个推进器中的至少一个被驱动。

具有操纵能力的可摄取装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2019年6月28日提交的题为“具有推进和成像能力的可摄取装置”的美国临时专利申请号62/868109的权益,其全部内容通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 各种实施例涉及设计用于生成位于活体内部的生物结构的图像且然后将图像传输到位于活体外部的电子设备的装置。

背景技术

[0004] 内窥镜检查是一种医疗过程,在此期间,用固定至柔性管端部的摄像头对活体内的结构进行视觉检查。可替代地,暴露在柔性管端部附近的光纤可以将由活体内结构反射的光传送到位于活体外部的摄像头。柔性管用于将摄像头或光纤定位在期望位置。医疗专业人员可以通过检查摄像头生成的图像来诊断影响活体的症状。例如,在上内窥镜检查期间,柔性管通过嘴或鼻插入,以便医疗专业人员可以检查食道、胃或小肠(也称为“十二指肠”)的上部。在下内窥镜检查(也称为“结肠镜检查”)期间,柔性管穿过直肠插入,以便医疗专业人员可以检查大肠(也称为“结肠”)。

[0005] 内窥镜的质量、可靠性和安全性都有所提高。例如,摄像头分辨率的提高允许医疗专业人员提供更有根据(因此更准确)的意见。然而,内窥镜检查是侵入性过程,因此有多个潜在的并发症。患者可能遭受感染、对镇静的意外反应(包括死亡)、出血(例如由于作为活组织检查的一部分移除用于检查的组织),或者由于推动柔性管通过弯曲部的摩擦而导致的组织撕裂,特别是在化疗药物已经削弱胃肠道(GI)组织的癌症患者中,或在解剖结构更脆弱和/或身体更小的儿科患者中。

[0006] 此外,内窥镜检查可能是耗时的过程,其需要昂贵的医院资源。例如,可以指示患者在家准备内窥镜检查,前往医疗场所,然后留在医疗场所,直到出现足够的恢复。尽管内窥镜检查本身仅持续15-30分钟,但这种体验可能需要8-12小时。在诸如医院或诊所的医疗场所中花费的与镇静相关的恢复时间可能是该过程总成本的重要因素。

附图说明

[0007] 通过结合附图研究详细描述,本技术的各种特征对于本领域技术人员将变得更加明显。本技术的实施例通过示例而非限制的方式在附图中示出,其中相似的附图标记可以表示类似的元件。

[0008] 图1包括推进可摄取装置的示例的剖视图,该推进可摄取装置设计成当其在自身电力下穿过活体(比如人体或动物体)时监测体内环境。

[0009] 图2A包括可摄取装置的有效载荷部分的前透视图。

[0010] 图2B包括图2A的可摄取装置的有效载荷部分的后透视图。

[0011] 图3包括可摄取装置的电力部分的透视图。

- [0012] 图4包括可摄取装置的驱动部分的透视图。
- [0013] 图5A包括可摄取装置的推进部分的透视图。
- [0014] 图5B包括图5A的可摄取装置的推进部分的透明透视图。
- [0015] 图5C示出了推进器可以如何在可摄取装置的远端元件中邻近定子叶片布置。
- [0016] 图5D是图5C的远端元件的单独后视图。
- [0017] 图6A包括具有带有穿过其中的中心轴线的圆形结构主体的可摄取装置的透视图。
- [0018] 图6B包括图6A的可摄取装置的侧视图。
- [0019] 图6C包括图6A的可摄取装置的后视图。
- [0020] 图7A包括可摄取装置的剖视图,其示出了与马达轴的直径相比,由冲孔或钻孔片材形成的密封件尺寸如何小,从而能够在密封件和马达轴之间形成单个接触线。
- [0021] 图7B示出了当密封件封装在主密封体内时,孔口盘可以如何固定在形成的凹穴内。
- [0022] 图8A描绘了展开形式的柔性印刷电路板组件(PCBA)的示例。
- [0023] 图8B描绘了折叠形式的图8A的柔性PCBA。
- [0024] 图9包括设计用于活体摄取的装置和通过其控制可摄取装置的移动的控制器的通信的高级图示。
- [0025] 图10描绘了使用设计用于活体摄取的装置来监测体内环境的过程的流程图。
- [0026] 图11描绘了用于控制在其穿过活体时的具有光学传感器的推进可摄取装置的过程的流程图。
- [0027] 图12包括具有用于操纵周围环境的介入部件的可摄取装置和通过其可以控制介入部件的控制器之间的通信的高级图示。
- [0028] 图13是具有位于胶囊近端的多个介入部件的可摄取装置的透视图。
- [0029] 图14示出了可摄取装置中的每个介入部件可以如何安装在胶囊内包含的单独盘上。
- [0030] 图15包括包含相应介入部件所需的驱动机构的径向布置舱的透视图和端视图。
- [0031] 图16包括具有活检机构的可摄取装置的透视图,该活检机构能够从活体中的结构移除样本,然后存储样本用于进一步分析。
- [0032] 图17示出了可摄取装置可以如何包括样本可被密封在其中的一个或多个存储舱。
- [0033] 图18A是具有能够切除从组织突出的息肉的介入部件的可摄取装置的透视图。
- [0034] 图18B是具有能够切除息肉的介入部件的另一可摄取装置的透视图。
- [0035] 图19是具有包括用于切割的一个或多个锋利边缘的介入部件的可摄取装置的透视图。
- [0036] 图20包括能够抓取活体中的结构的介入部件的四个示例。
- [0037] 图21包括具有固定在其近端周围的一个或多个弹性带的可摄取装置的侧视图。
- [0038] 图22是包括具有钝形的介入部件的可摄取装置的透视图,该钝形可以用于按压组织以暂时置换循环血液。
- [0039] 图23包括具有可以用于稳定的多个锚定构件的可摄取装置的透视图、侧视图和端视图。
- [0040] 图24A包括包含具有存储在其中的材料的一系列介入部件的可摄取装置的侧视图

和端视图。

[0041] 图24B示出了具有存储在其中的材料的介入部件可以如何被弹簧致动。

[0042] 图25包括具有能够存储且然后展开外科缝合钉的介入部件的可摄取装置的透视图。

[0043] 图26包括具有能够烧灼活体内的组织的介入部件的可摄取装置的透视图。

[0044] 图27描绘了包括通信地耦合到控制器的推进可摄取装置的通信环境的示例。

[0045] 图28是示出可以实现本文描述的至少一些操作的处理系统的示例的框图。

具体实施方式

[0046] 当代研究已经开始探索如何以更有效的方式监测体内环境。例如，一些实体已经开发了能够捕获消化道图像的摄像头。一般来说，这些摄像头被放在维生素大小的胶囊内，患者可以吞咽。当胶囊穿过消化道时，摄像头可以生成数百或数千个图像，这些图像可以无线传输到患者携带的电子设备上。这个过程被称为“胶囊内窥镜检查”。

[0047] 胶囊内窥镜检查允许医疗专业人员观察传统内窥镜无法轻易到达的体内环境，比如小肠。然而，胶囊内窥镜检查仍然是相对不常见的过程。其中一个原因是胶囊摄取后无法控制摄像头。由于胶囊在其自然穿过消化道时的定向，摄像头可能会错过感兴趣的区域。另一个原因是用于胶囊内窥镜检查的装置可能需要多个小时才能到达目标解剖结构，然后需要多个小时才能记录图像。然后，患者可能需要返回医疗场所（例如医院或诊所）来传送记录的图像。

[0048] 因此，这里介绍的推进可摄取装置（也称为“药丸”或“药丸机器人 (pillbot)”）包括胶囊（也称为“外壳”）、摄像头、天线以及一个或多个推进部件和推进控制元件。因为可摄取装置设计成通过活体推进自身，所以可摄取装置可被称为“推进装置”。

[0049] 当可摄取装置穿过胃肠道时，摄像头可以生成图像。摄像头可以设计成以各种帧速率捕获图像，例如每秒2、6或15帧 (fps)。在一些实施例中，摄像头可以捕获超过15fps。帧速率可以根据可摄取装置行进的速度而变化。例如，可摄取装置可以设计成随着速度的增加而增加帧速率。摄像头生成的图像被传送到天线，以传输到位于活体外部的电子设备。更具体地，处理器可以将图像传输到负责将图像调制到天线上以传输到电子设备的收发器。在一些实施例中，图像被实时传输到电子设备，使得医学专业人员可以基于图像的内容采取适当的动作。例如，医学专业人员可以在查看图像时发现需要进一步检查的感兴趣的区域。在这种情况下，推进部件可以定向推进可摄取装置，使得摄像头聚焦在感兴趣的区域上。这种动作可以使可摄取装置能够关于感兴趣的区域收集附加数据（例如以图像、生物测量等的形式）。

[0050] 医学专业人员可以是全科医生、专家（例如外科医生或胃肠病学专家）、护士或负责在可摄取装置穿过活体时对其进行管理的专家。然而，与传统的内窥镜检查不同，医学专业人员不需要紧密靠近接受检查的患者（也称为“受试者”）。例如，当患者位于另一环境比如家庭、战场等中时，医疗专业人员可以检查由位于远程医院的电子设备上的摄像头生成的图像。这样，传统的GI部门的能力可以使用这里描述的技术来扩展。

[0051] 在一些实施例中，可摄取装置包括至少一个介入部件（也称为“介入装置”、“介入机构”、“器具”或“工具”），其可用于操纵体内的结构。这些介入部件可以允许在分析摄像头

生成的图像之外执行高级诊断和治疗。如下文进一步讨论,可摄取装置可以包括介入部件,该介入部件可以用于对流体和/或组织进行采样、输送药物、标记解剖位置用于随后的重新采集、烧灼组织以及其他过程。在高水平包括介入部件使得可摄取装置能够执行诊断和/或介入,而这些诊断和/或介入在传统上仅通过使用传统内窥镜才可被医疗专业人员获得。

[0052] 可以参考特定的胶囊形状、推进部件、传感器、网络等来描述实施例。然而,本领域技术人员将认识到,这些实施例的特征同样适用于其他胶囊形状、推进部件、传感器、网络等。例如,虽然可以在具有以十字型配置布置的多个推进器的可摄取传感器的情况下描述特征,但该特征可以体现在具有另一类型的推进器或不同布置的推进器或这些变化的组合的可摄取传感器中。

[0053] 可摄取装置概述

[0054] 图1包括可摄取装置100的示例的剖视图,该可摄取装置100设计成当其穿过活体(比如人体或动物体)时监测体内环境。注意,图1和本文件中的其他图示不是按比例绘制的,并且为了更清楚起见而被显著放大示出。因为可摄取装置100可以设计成推进自身穿过活体,所以可摄取装置100可被称为“推进装置”。可摄取装置100包括胶囊102,该胶囊102具有圆柱形主体104和流体动力学的无创伤形状的端部106a-b。流体动力学的无创伤形状的端部的一个示例是在接触活组织时不会造成损伤的圆形形状,比如图1所示的大致半球形端部。这种几何形状可以称为“球圆柱”。虽然图1所示的可摄取装置100具有大致半球形端部,但在其他实施例中也可以包括其他流体动力学形状的端部。例如,胶囊102的至少一个端部可以是具有平坦部分的圆顶,光可以通过该平坦部分被导向光学传感器。作为另一示例,胶囊102的至少一个端部可以是截头圆锥体。胶囊102的至少一个端部还可以具有圆角,其沿着那些端部留下平坦或最小弯曲的表面。圆柱形主体104和半球形端部106a-b可以统称为胶囊102的“结构部件”。为了避免污染由圆柱形主体104和/或半球形端部106a-b限定的内腔,结构部件可以彼此气密地密封。

[0055] 在一些实施例中,这些结构部件包括相同的材料。例如,结构部件可以包括塑料(例如聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)、聚醚醚酮(PEEK)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)、聚碳酸酯、尼龙等)、不锈钢、钛基合金或另一种生物相容材料。这里使用的术语“生物相容”是指对活组织无害。生物相容的聚合物可被三维(3D)印刷、机械加工、烧结、注射成型或以其他方式围绕可摄取装置100的部件形成。在其他实施例中,这些结构部件包括不同的材料。例如,安装有光学传感器110的半球形端部106a可以由透明塑料构成,而另一个半球形端部106b和圆柱形主体104可以由聚合物或金属合金构成。此外,这些结构部件可以包括抑制结构部件本身暴露于体内环境的涂层。例如,这些结构部件可以涂有硅橡胶、类金刚石碳、特氟隆或有助于可摄取装置100的安全性、耐用性或操作效率的一些其他生物相容的、疏水的或亲水的涂层。另外或可替代地,这些结构部件可以涂有抗菌材料,比如负载抗生素的聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)。

[0056] 如图1所示,至少一个半球形端部106a可以包括开口108,光学传感器110的视场延伸通过该开口108。在一些实施例中,开口108填充有透明材料,比如玻璃或塑料。可替代地,光学传感器110可以定位成使得其最外面的透镜基本与半球形端部106a的外表面对齐,或者光学传感器110可以定位成使得透镜的焦距类似于半球形端部106a的半径,从而确保对直接接触可摄取装置100的任何解剖结构的聚焦。虽然图1所示的半球形端部106a包括单个

开口,但半球形端部106a的其他实施例可以包括多个开口(例如用于多个光学传感器、生物传感器或其组合)。在一些实施例中,半球形端部106a完全由透明材料构成。在这样的实施例中,半球形端部106a可以不包括用于光学传感器110的专用开口,因为光学传感器110可以使用已经穿透透明材料的电磁辐射来生成图像数据。半球形端部106a可以包括漫射或引导离开可摄取装置100的照明的表面特征。此外,半球形端部106a的一部分可以变得基本不透明,以抑制或消除可能干扰光学传感器110的光的间隔反射。

[0057] 由于制造方便,开口108通常是圆形的。然而,开口108可以具有其他形式。例如,在一些实施例中,开口108是矩形的,而在其他实施例中,开口108具有带有圆形端点的矩形部分。这些圆形端点可以定向在半球形端部106a的相对侧,使得位于圆形端点下方的光学传感器可以沿着推进可摄取装置100的两侧观察体内环境。

[0058] 在各种实施例中,胶囊102可以具有各种不同尺寸中的任何一种,比如表I中列出的任何一种。

尺寸	000	00	0	1	2	3	4
内腔容积 (ml)	1.37	0.91	0.68	0.50	0.37	0.30	0.21
长度(mm)	35	30	29	26.5	24	21.5	19.5
直径(mm)	15	13.5	11	7	6.5	6	5.5

[0059] 表I: 胶囊尺寸示例

[0060] 如图1所示,可摄取装置100可以包括具有不同职责的四个部分:有效载荷部分200、电力部分300、驱动部分400和推进部分500。下面将分别参照图2、3、4和5更详细地描述这些部分中的每个。虽然这些部分被示为彼此不同,但与每个部分相关的部件不一定位于图1所示的相应框内。例如,电力部分300可以包括延伸到有效载荷部分200、驱动部分400和/或推进部分500中以向这些部分中的部件输送电力的电力分配单元。

[0061] 图2A包括可摄取装置的有效载荷部分200的前透视图,而图2B包括可摄取装置的有效载荷部分200的后透视图。有效载荷部分200可以包括光学传感器202、电力和数据总线204、控制单元206、操纵器控制器208、气密封件210和照明源212。可摄取装置的实施例可以包括这些部件中的一些或全部,以及这里未示出的其他部件。例如,如果可摄取装置已经设计为仅用于成像,那么有效载荷部分200可以不包括操纵器控制器208,因为将不执行操纵。下面参照图13-26进一步讨论具有由操纵器控制器控制的介入部件的可摄取装置的实施例。

[0062] 当可摄取装置穿过胃肠道时,光学传感器202可以基于由位于胃肠道中的结构反射的电磁辐射来生成图像数据。例如,如果光学传感器202是摄像头,则当可摄取装置穿过身体时,可以捕获图像或视频。光学传感器202的另一示例是红外传感器。代替或除了光学传感器202,可摄取装置的其他实施例可以包括声学传感器,比如超声波传感器。因此,可摄取装置可以包括一个或多个传感器,其配置为基于由体内结构反射的能量来生成图像数据。容纳在可摄取装置中的照明源212(也称为“光源”)通常负责产生电磁辐射。照明源212的示例是发光二极管(LED)。这里,照明源212布置成使得电磁辐射通过胶囊中接收反射电

磁辐射的同一孔发射。在其他实施例中，照明源212布置成使得电磁辐射通过胶囊中的第一孔发射，而反射的电磁辐射通过胶囊中的第二孔接收。

[0064] 推进可摄取装置的一些实施例包括多个光学传感器202。例如，可摄取装置可以包括配备有能够检测可见范围内的电磁辐射的电荷耦合器件 (CCD) 或互补金属氧化物半导体 (CMOS) 传感器组件的摄像头和能够检测红外范围内的电磁辐射的红外传感器。这些光学传感器可以生成不同的数据集，这些数据集共同提供有意义的信息，这些信息可能有助于进行诊断，并有助于空间定位。这里，例如，红外传感器能够测量包括在由摄像头捕获的彩色图像中的物体发出的热量。

[0065] 电力和数据总线204 (也称为“总线”或“总线连接器”) 可以负责将数据和/或电力分配给推进可摄取装置中的各种部件。例如，总线204可以将由光学传感器202生成的图像数据转发到控制单元206，并且控制单元206可以将图像数据转发到收发器，该收发器配置为将数据调制到天线上以传输到位于身体外部的接收器。如下文进一步描述，接收器可以是电子设备的一部分，个人可以在该电子设备上查看对应于图像数据的图像、控制可摄取装置等。总线204可以包括电缆、连接器、无线芯片组、处理器等。在一些实施例中，总线204管理独立通道上的数据和电力。例如，总线204可以使用第一组电缆管理数据，使用第二组电缆管理电力。在其他实施例中，总线204管理单个通道上的数据和电力 (例如具有能够同时传输数据和电力的部件)。

[0066] 控制单元206可以负责管理推进可摄取装置中的其他部件。例如，控制单元206可以负责解析由天线接收的输入，然后向推进可摄取装置中的其他部件提供适当的指令。如下文进一步描述，个人可以使用位于身体外部的控制器设备 (或简称为“控制器”) 来提供输入。该输入可以代表开始使用光学传感器202生成图像数据、开始使用天线传输图像数据、停止使用光学传感器202生成图像数据、停止使用天线传输图像数据或者将推进可摄取装置移动到期望位置的请求。控制单元206可以包括中央处理单元 (CPU)、图形处理单元 (GPU)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA)、微控制器、逻辑组件或其他类似处理单元的任意组合。

[0067] 在一些实施例中，推进可摄取装置设计成以某种方式操纵体内环境。在这样的实施例中，有效载荷部分200可以包括介入部件，比如活检附件、针、切割机构 (例如CO₂激光器、氩激光器、掺钕钇铝石榴石 (Nd:YAG) 激光器、旋转切割元件、剪刀、镊子或解剖器)、推动机构、抓取机构 (例如息肉切除工具)、烧灼机构 (例如欧姆烧灼器或射频 (RF) 烧灼器) 或输送机构 (例如注射器、浸渍有药物的材料或封装处于闭合状态的药物的结构)。操纵器控制器208可以控制这些介入部件。例如，操纵器控制器208可以基于从控制单元206接收的指令来控制延伸穿过胶囊以收集组织的活检附件。更具体地，操纵器控制器208可以将活检附件延伸穿过捕获器中的孔，以收集组织样本，然后通过孔将活检附件缩回到胶囊中。

[0068] 在一些实施例中，推进可摄取装置设计成以某种方式操纵体内环境。在这样的实施例中，有效载荷部分200可以包括介入部件，比如活检附件、针、切割机构、推动机构、烧灼机构 (例如欧姆烧灼器或射频烧灼器)、药物输送机构等。操纵器控制器208可以控制这些介入部件。例如，操纵器控制器208可以基于从控制单元206接收的指令来控制延伸穿过胶囊以收集组织的活检附件。

[0069] 为了防止流体进入胶囊，有效载荷部分200和电力部分300可以彼此气密地密封。

因此,气密密封件210可以沿着有效载荷部分200和电力部分300之间的界面固定。气密密封件210可以由环氧树脂、金属、玻璃、塑料、橡胶、陶瓷、胶水或其他密封材料构成。确定用于形成气密密封件210的材料是否合适的一个因素是这些材料的表面能是否与气密密封件210所结合的基板的表面能相似。因此,气密密封件210的构成可以取决于胶囊的结构部件的构成。例如,如果胶囊的结构部件包括不锈钢,那么气密密封件210可以由其中悬浮有金属(例如不锈钢)颗粒的环氧树脂构成。可替代地,气密密封件210可以使用柔性垫圈、粘合膜、焊接、密封件等形成。

[0070] 图3包括可摄取装置的电力部分300的透视图。电力部分300可以包括电力部件302、电力分配单元304和沿着每个端部固定的气密密封件306a-b。气密密封件306a-b可以基本类似于如参照图2所述的固定到有效载荷部分200的气密密封件210。此外,固定到有效载荷部分200的下端的气密密封件210可以是与固定到电力部分300的上端的气密密封件306a相同的密封件。因此,单个气密密封件可以连接有效载荷部分200和电力部分300。

[0071] 电力部件302(也称为“能量存储部件”)可以配置为向推进可摄取装置的其他部件供电,比如任何光学传感器、生物传感器、处理器、通信部件(例如发射器、接收器、收发器和天线)以及需要电力的任何其他部件。例如,电力部件302可以负责提供光学传感器(例如图2的光学传感器202)生成图像数据所需的电力。作为另一示例,电力部件302可以负责产生将被施加到天线的驱动能量,以使图像数据无线传输到位于身体外部的接收器。

[0072] 电力部件302可以是例如氧化银电池、镍镉电池、锂电池(例如具有液体阴极单电池(cell)、固体阴极单电池或固体电解质单电池)、电容器、燃料单电池、压电部件或另一能量捕获和/或存储装置。在一些实施例中,电力部件302包括一个或多个电池板,其暴露于可摄取装置穿过的流体。在这样的实施例中,电力部件302可以设计成在为其设计可摄取装置的体内环境中容易接近的流体(例如诸如胃酸的体液)上运行。通常,电池通过叫做电解质的溶液将带正电荷的离子从一个地方穿梭到另一个地方而操作,电解质具有带正电荷和负电荷的粒子。然而,在暴露的电池板的情况下,一对金属电极可以固定到可摄取装置的外表面。一个金属电极(例如由锌构成)可以向流体中发射离子,该流体通过向另一个金属电极(例如由铜构成)输送小电流而充当电解质。

[0073] 在一些实施例中,电力部件302设计成使得它可以从位于身体外部的源无线接收电力。在这样的实施例中,源可以产生时变电磁场,其将电力传输到电力部件302。电力部件302可以从电磁场中提取电力,然后根据需要向可摄取装置中的其他部件供电。可以使用与用于数据传输相同的天线或者使用不同的天线、电感耦合线圈或电容耦合结构来接收电力。该源可以是用于控制可摄取装置的控制器的、用于查看图像数据的电子设备或一些其他电子设备(例如属于患者的移动电话或无线充电器)。可替代地,无线电源可被包括在诸如腰带或衣带的物品中,该物品可被穿戴,使得无线电源在可摄取装置穿过活体时位于可摄取装置附近。这种可穿戴物品可以包括电池组,该电池组集成在物品本身内或者附接到患者身上。此外,这种可穿戴物品可以包括用于数据传输的一个或多个天线。

[0074] 电力部件302可以设计成装配在可摄取装置的特定段中。这里,例如,电力部件302具有钮扣单电池形式,其允许电力部件302被固定在胶囊的圆柱形主体内。然而,电力部件302的其他实施例可以设计成装配在胶囊的半球形端部内或者在胶囊内的另一区域内。

[0075] 如上所述,电力分配单元304可以负责将存储在电力部件302中的电力分配给可摄

取装置中的其他部件。因此,电力分配单元304的部件可以延伸到有效载荷部分200、驱动部分400和/或推进部分500中。例如,电力分配单元304可以包括连接到光学传感器、总线连接器、控制单元、控制传感器和/或可位于有效载荷部分200中的操纵器控制器的电缆。电力分配单元304还可以包括用于调节、稳定或修改要分配的电力的部件。这种部件的示例包括电压调节器、转换器(例如DC-DC转换器)、金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)、电容器、变压器、电阻器或电感器。

[0076] 图4包括可摄取装置的驱动部分400的透视图。驱动部分400可以包括能量-移动转换器402、传热部件404和沿着每个端部固定的气密密封件406a-b。气密密封件406a-b可以与如参照图2所述的固定到有效载荷部分200的气密密封件210相同或基本相似。此外,固定到电力部分300的下端的气密密封件306b可以是与固定到驱动部分400的上端的气密密封件406a相同的密封件。因此,单个气密密封件可以连接电力部分300和驱动部分400。

[0077] 当从电力分配单元(例如图3的电力分配单元304)接收电力时,机械电力转换器402可以驱动可摄取装置的另一部件。这里,例如,驱动部分400包括多个马达,并且每个马达可以负责驱动不同的推进器。马达402的示例包括DC或AC电动马达、由形状记忆合金构成的驱动器、电磁体、轴、压电部件等。推进器可以通过一个或多个轴、齿轮、杠杆、轴承等连接到马达。

[0078] 可摄取装置中的部件可能会产生热量,热量应被驱散,以避免对身体造成伤害。例如,如果推进器被延长时间段驱动,则诸如能量-移动转换器和马达壳体之类的部件可能会产生热量。因此,这些部件可以包括或连接到能够帮助驱散该热量的传热部件404。在一些实施例中,传热部件404将热量直接排放到可摄取装置周围的流体(例如水、胆汁、胃酸及其混合物)中。例如,马达壳体可以由具有可接受的导热性的材料(例如不锈钢)构成,以促进散热。在其他实施例中,传热部件404将热量释放到胶囊中。当热量释放到胶囊中时,热量可以通过传导和对流自然地传递到可摄取装置周围的流体中。

[0079] 图5A包括可摄取装置的推进部分500的透视图,而图5B包括可摄取装置的推进部分500的透明透视图。推进部分500可以包括一个或多个推进器502、一个或多个入口504以及沿其上端固定的气密密封件508。气密密封件508可以基本类似于如参照图2所述的固定到有效载荷部分200的气密密封件210。此外,气密密封件508可以是与固定到驱动部分400的下端的气密密封件406b相同的密封件。因此,单个气密密封件可以连接驱动部分400和推进部分500。

[0080] 如上所述,可摄取装置可以包括一个或多个推进部件(也称为“推进系统”或“推力部件”)。每个推进部件可以包括配置为产生用于移动可摄取装置的推进力的推进器和配置为向推进器提供动力的能量-移动转换器。这里,例如,推进部分500包括由位于驱动部分400中的四个马达驱动四个转子的四个推进器502。在一些实施例中,每个推进器由不同的机械电力转换器驱动。在其他实施例中,多个推进器可以由单个能量-移动转换器驱动。例如,单个马达可以负责向多个推进器提供动力,尽管每个推进器的速度可以通过机械连接(例如离合器系统或齿轮系统)而变化。

[0081] 如下文进一步描述,多个推进器502可以布置成便于沿着不同的轴线移动。例如,在图5A-B中,四个推进器502围绕中心轴线516径向布置,中心轴线516以十字形配置穿过胶囊限定。更具体地,这些推进器502设置在从中心轴线径向偏移的位置,并且围绕中心轴线

以不同的角度偏移。通过独立驱动这些推进器502,可以类似于四轴飞行器的方式在任何方向或定向上实现移动。因此,可摄取装置可被命令以不同的速度向前和向后移动。此外,可摄取装置可被命令通过围绕三个相互垂直的轴线旋转来改变其定向。定向和向前/向后运动的这些变化可以转换成偏航(法向轴)、俯仰(横轴)和侧倾(纵轴)的变化,因此向任何位置的移动都可以在三维空间中表示。

[0082] 在图5A-B中,推进器502是能够通过形成在胶囊中的入口504吸入流体的转子。这里使用的术语“转子”是指能够旋转以产生推进力的部件。转子的示例是推进器。然而,代替或者除了转子,还可以使用其他推进器。推进部件的示例包括螺旋面、鳍片、鞭状附件(也称为“鞭毛”)、波动机构等。此外,代替或者除了在胶囊的半球形端部中之外,推进部件还可以沿着胶囊的圆柱形主体布置。例如,可摄取装置可以包括沿着胶囊的圆柱形主体的相对侧布置的振荡鳍片。这些振荡鳍片可以与位于胶囊的半球形端部中的推进器、螺旋面或鞭状附件结合使用,以对可摄取装置的移动提供更大的控制。

[0083] 如图5A-B所示,胶囊可以包括一个或多个通道,流体可以通过该通道被推进装置502吸入。每个通道包括流体可以通过其而被吸入的入口504和流体通过其而被排出的出口506。入口504的示例包括导管、内腔、叶、管等。虽然图5所示的实施例包括相同数量的推进器502和入口504,但情况不必总是如此。例如,安装在胶囊的半球形端部中的推进器能够通过一个或多个入口吸入流体,以防止诸如推进器502的移动部件接触活组织。旋转推进器效率可以用固定的定子叶来优化,以便控制涡流、增加速度和增加可控性,如下面参考图5C-D进一步讨论。在一些实施例中,同轴反向旋转推进器可以用来完全消除固定的定子叶。推进器和叶片数和几何形状可以根据直径、速度和流体性质进行调整,以优化气泡和碎片的清除。

[0084] 在一些实施例中,过滤器放置在通过胶囊限定的至少一个通道中。例如,过滤器可以固定在通过胶囊限定的每个通道中。过滤器可能是必要的,以确保悬浮在通过入口504吸入的流体中的超过特定尺寸的物体被移除。例如,如果可摄取装置设计用于胃肠道内,则过滤器可以设计成防止固体颗粒比如食物粒子接触推进器502。

[0085] 另一个问题是,除非设计得当,推进器往往会使流体产生旋转运动(或“搅动”),而不是产生推力。这个问题可以通过向每个流动通道增加一个或多个定子叶(也称为“定子叶片”)来解决。术语“定子叶”和“定子叶片”指的是定位在流动通道内的固定叶片,流体通过该流动通道被吸入且然后由推进器喷射。图5C示出了推进器502可以如何在图5A-B的可摄取装置的远端元件512中邻近定子叶514布置。这些定子叶514可以用于拉直流体流,减少搅拌效应,并增加推力和推力一致性。如图5C所示,每个推进器402可以连接到单独的马达壳体510,负责驱动推进器的马达位于该壳体中。推进器502(且因此马达壳体510)可以十字型配置布置,以更好地控制推进力。

[0086] 图5D是图5C所示的远端元件512的单独后视图。在远端元件512包括多个定子叶514的实施例中,定子叶514可以围绕远端元件512的几何中心径向布置。通常,定子叶514围绕几何中心大致均匀地布置,如图5D所示。然而,在一些实施例中,定子叶514以不均匀的方式围绕几何中心布置。

[0087] 图6A-C包括可摄取装置600的透视图、侧视图和后视图,该可摄取装置600具有带有从中穿过的中心轴线612的无创伤结构主体602。图6A-C所示的结构主体602是包括在半

球形段之间互连的圆柱形段的球圆柱体。在其他实施例中，结构主体602可以是椭圆形、矩形、泪滴形等形状。

[0088] 如上所述，可摄取装置600可以包括一个或多个推进器，用于控制沿着三个相互垂直的轴线的移动。这里，例如，可摄取装置600包括四个转子604a-d，其围绕正交于中心轴线612的结构主体602径向布置。四个转子604a-d可以包括相对于中心轴线612彼此径向相对布置的第一对转子604a-b和相对于中心轴线彼此径向相对布置的第二对转子604c-d。每对转子可以配置成共享相同的手性；例如，当相对于中心轴线612顺时针旋转时，转子604a-b都可以产生向前的推力。同时，转子对可以配置成具有相反的手性；例如，当所有四个转子都相对于中心轴线612顺时针旋转时，转子604a-b可以产生向前的推力，而转子604c-d可以产生向后的推力。如图6C所示，第一和第二对转子604a-d可以十字形配置布置，使得相邻的转子沿相反方向旋转以产生相同方向的推力，而径向相对的转子沿相同方向旋转以产生相同方向的推力。这种配置允许通过单个转子的综合效应独立控制推力、俯仰、偏航和侧倾；因此，位置和定向的控制可以类似于四轴飞行器的方式实现。

[0089] 每个转子可以位于通过结构主体602限定的不同通道中，并且每个通道可以包括流体通过其被相应转子吸入的入口606和流体通过其被相应转子排出的出口608。通常，通道在基本平行于中心轴线的方向上通过结构主体602限定。这里，例如，每个通道的入口606位于结构主体602的圆柱形段中，而每个通道的出口608位于结构主体602的半球形段中。当操作时，转子604a-d可以通过入口606吸入流体以产生流动610，该流动610在特定方向上推进可摄取装置。在一些实施例中，通道是锥形的。例如，每个通道的入口606可以具有比出口608小的直径，或者每个通道的入口606可以具有比出口608大的直径。

[0090] 在一些实施例中，每个转子设计成在主方向和副方向上旋转。例如，第一对转子604a-b可以配置为能够相对于中心轴线612沿顺时针和逆时针方向旋转。类似地，第二对转子604c-d能够相对于中心轴线612沿逆时针和顺时针方向旋转。因此，虽然流610示出为流向可摄取装置600的第一端部614（也称为“远端”），但流610可以替代地为流向可摄取装置600的第二端部616（也称为“近端”）。

[0091] 如上所述，这里使用的术语“转子”是指能够旋转以产生推进力的部件。推进力将动量传递至周围流体以产生移动。根据可摄取装置600的速度和操纵要求，结构主体602可以装配有一个、两个、三个、四个或更多个转子。例如，在图6A-C中，四个转子以十字形配置布置在结构主体602的第一端部614内。在其他实施例中，三个转子以三角形配置布置在结构主体602的第一端部614内。

[0092] 每个转子可以由不同的马达独立驱动。例如，在图6A-C中，可摄取装置600包括配置为向四个转子604a-d提供动力的四个马达。在其他实施例中，多个转子可以由单个机械电力转换器驱动。例如，单个马达可以负责向第一对转子604a-b提供动力，尽管这些转子的速度可以通过机械连接（例如离合器系统或齿轮系统）而变化。

[0093] 在一些实施例中，每个转子具有固定螺距。例如，在图6A-C中，四个转子604a-d沿着正交于中心轴线612的径向平面固定布置。在其他实施例中，至少一个转子具有可变螺距。在这样的实施例中，通过同时控制转子604a-d的俯仰和旋转，可以实现对可摄取装置600的移动的更大控制。

[0094] 转子可以由一种或多种生物相容材料构成。生物相容材料的示例包括钛合金、不

锈钢、陶瓷、聚合物、纤维增强聚合物(例如玻璃纤维或碳纤维)、塑料(例如聚碳酸酯、尼龙、PEEK或ABS)、树脂、复合材料等。此外,每个转子可以具有施加到其上的抗菌、疏水或亲水涂层。例如,每个转子可以涂有负载抗生素的PMMA。施加到转子上的涂层可以取决于可摄取装置600设计用于的体内环境的类型。

[0095] 一般来说,为了生产转子,通过焊接、胶粘或者可替代地将整个转子锻造成一件来将多个叶片固定到毂上。叶片数量取决于所需的效率、速度、加速度、机动性等。例如,与其他类型的转子相比,3叶片转子表现出良好的加速度,而与其他类型的转子相比,4叶片转子表现出良好的机动性。具有更高叶片数的转子(例如具有5或6个转子叶片的转子)在湍流体内环境(比如具有高流速的体内环境)中表现出良好的保持力。单叶片转子在可制造性和耐用性方面具有优势。在图6A-C所示的实施例,每个转子包括三个螺旋表面,它们一起作用从而以螺旋效应在流体(例如水、胆汁等)中旋转。

[0096] 在小尺度下产生推力的困难之一是持续存在的气泡,这些气泡会被截留在转子比如推进器附近,阻止转子与流体正确接合。这个问题可以通过沿着每个转子仔细设计叶片的形状、数量和布置来解决,以帮助清除气泡。仔细匹配叶片的螺距、内腔的形状、马达速度、转子和壁之间的间隙、转子和定子叶之间的间隙,并且表面材料特性影响气泡的产生和清除。

[0097] 转子可以基于简单的截断阿基米德螺杆几何形状形成。可替代地,如上所述,转子可以具有多个单独的叶片,这些叶片具有优化的曲率以沿向前或向后方向推进。同样,如果定子叶片定位在转子通过其吸入且然后喷射流体的通道中,这些定子叶片可以具有平坦或弯曲的叶片。

[0098] 防止流体进入可摄取装置尤其是在包括移动马达接口的推进部分中也是至关重要的。因此,可摄取装置可以实现严格的公差、疏水和/或亲水材料或者机械密封件。密封件可以在微观尺度上保持公差,因此有助于保持安全性和一致性,而不需要复杂的组装过程。图7A-B示出了可以实现低轮廓和低摩擦的密封件以防止流体进入可摄取装置700的马达壳体。

[0099] 图7A包括可摄取装置700的剖视图,其示出了与马达轴702的直径相比,由冲孔或钻孔片材形成的密封件704的尺寸如何小,从而使得能够在密封件704和马达轴702之间形成单个接触线706。密封作用、静态摩擦和动态摩擦可以通过调整尺寸干涉和由此产生的嵌入张力来优化。冲孔或钻孔片材可以由聚四氟乙烯(PTFE)或类似材料(例如超高分子量(UHMW)聚乙烯)构成。这种设计可以很容易地用相对较少的加工操作生产出来。这种方法的另一个优点是可以简单的钻孔夹具同时生产多个密封件。通过在片材中钻一个小孔(例如对于直径为0.7mm的马达轴,孔直径为0.5-0.6mm),然后将其在马达轴702上扩张,产生环向张力(也称为“环向应力”)。环向张力将导致扩张的孔略微突出,产生与马达轴702的最小接触线706,并在提供密封的同时减少摩擦。

[0100] 密封件704可以使用皮下注射管冲头生产。使用简单的固定装置和钻孔导向器,可以在车床上同时仍在皮下注射管中同时地钻孔多个密封件。组装过程可以通过将密封件704放置在马达轴702上,然后用可固化粘合剂(例如UV可固化粘合剂)、RF焊接、热焊接等将其固定就位来完成。密封件704可以在马达轴702上扩张,然后用可固化粘合剂或另一种密封技术封装在主密封体708内。

[0101] 如图7A-B所示,主密封体708可以用可固化粘合剂或另一种密封技术连接到马达壳体710。为了优化轴摩擦和密封可靠性,可以在单个马达轴上实施一个或多个密封件。具有不同间隙的连续唇形密封件可以有助于优化能效、老化以及整体安全性和性能。如图7B所示,当密封件704封装在主密封体708内时,可以形成凹穴712。具有限定穿过其中的孔用于接收马达轴702的孔口盘714可以定位在凹穴内,以进一步抑制泄漏到马达壳体710中。孔口盘714可以由塑料、金属、橡胶、氟橡胶、特氟隆、UHMW聚乙烯、高密度聚乙烯或类似材料构成。

[0102] 因此,制造商可以获得具有基本圆形形状的柔性基板,在柔性基板的几何中心形成孔(例如通过冲孔或钻孔),然后围绕具有比孔更大直径的马达轴扩张柔性基板中的孔。这种方法可以在柔性基板和马达轴之间产生弹性干涉配合,从而形成密封。然后,制造商可以沿着外周固定柔性基板以形成气密密封件。例如,如上所述,柔性基板可以用可固化粘合剂、RF焊接、热焊接等固定。

[0103] 这里描述的包含在可摄取装置内的一些或所有电子部件可以安装在柔性印刷电路板组件(PCBA)上。图8A-B分别描绘了展开和折叠形式的柔性PCBA800的示例。如图8A所示,柔性PCBA可以包括至少两个刚性区域802,刚性区域802用于为安装在其上的部件804和伴随的焊点提供支撑,以及有助于整体限定PCBA800的结构。这些刚性区域802可以通过柔性区域806连接,柔性区域806可以折叠以允许PCBA800装配在可摄取装置内。PCBA800可以包括电子部件之间的导电连接,以允许它们之间的电力和/或数据传输。更具体地,PCBA800可以包括一个或多个导电层,其用作安装到刚性区域802的电子部件之间的连接。每对导电层可以由绝缘层(也称为“非导电层”)隔开,该绝缘层由诸如聚酰亚胺的非导电材料构成。

[0104] 图9包括设计用于活体摄取的装置900和通过其控制可摄取装置900的移动的控制器950之间的通信的高级图示。因为由可摄取装置900生成的图像可以在控制器950上被查看,所以控制器950也可被称为“数据查看站”或“数据查看单元”。最初,控制器950发送指示操作容纳在可摄取装置900内的摄像头的指令的第一输入(步骤901)。可替代地,可摄取装置900可以设计成当该装置首次通电或通过从包装中取出而被激活时自动操作摄像头。

[0105] 可摄取装置900可以响应于第一输入使摄像头生成活体中的结构的图像(步骤902)。该结构可以是生物结构或非生物结构(也称为“异物”)。可摄取装置900然后将图像传输到控制器950以供查看(步骤903)。更具体地,负责处理由摄像头生成的图像的处理器可以将图像转发到发射器,用于调制到天线上,以无线传输到控制器。在一些实施例中,发射器是能够向控制器950发送通信和从控制器950接收通信的收发器的一部分。

[0106] 控制器950还可以发送指示改变可摄取装置900的位置和/或定向的请求的第二输入(步骤904)。该第二输入可被称为“转向指令”或“推进指令”。可摄取装置900可以响应于第二输入来使至少一个推进器被驱动(步骤905)。在响应于第二输入来驱动多个推进器的情况下,可摄取装置900可以产生用于驱动多个推进器的多个信号。这些信号可能互不相同。例如,多个推进器中的每个推进器可以不同的速度旋转。作为另一示例,可摄取装置900的一些推进器可以旋转,而可摄取装置900的其他推进器保持静止。

[0107] 图10描绘了使用设计用于活体摄取的装置来监测体内环境的过程1000的流程图。最初,受试者摄取可摄取装置作为胶囊内窥镜检查过程的一部分用于观察胃肠道(步骤1001)。可摄取装置(及其控制软件)可以支持多种不同的数据收集模式。例如,可摄取装置

可以支持适于开放式导航的“一般模式”和/或适于通过食道的单向行程的“吞咽模式”。

[0108] 当可摄取装置穿过活体时,可摄取装置中包括的光学传感器然后可以开始生成图像数据(步骤1002)。在一些实施例中,可摄取装置响应于接收到这样做的指令来使光学传感器开始生成图像数据。该指令可以例如由操作者通过通信耦合到可摄取装置的控制器的提交。在其他实施例中,可摄取装置响应于确定已经满足预定标准来使光学传感器自动生成图像数据。例如,可摄取装置可以响应于确定可摄取装置已经进入特定的体内环境来使光学传感器开始生成图像数据。可摄取装置可以通过检查由生物测定传感器生成的生物测定数据来实现这种确定。例如,可摄取装置可以通过检查代表pH测量的生物测定数据来确定它目前是否在胃内。图像可以用各种分辨率中的任何一种来捕获,比如48x48像素、320x240像素或640x480像素。在其他实施例中,可以用更高或更低的分辨率来捕获图像。图像数据可以至少暂时存储在位于可摄取装置中的存储器中(步骤1003)。

[0109] 可摄取装置然后可以使至少一些图像数据经由天线无线传输到位于活体外部的接收器(步骤1004)。在一些实施例中,接收器容纳在与受试者相关的电子设备中。例如,图像数据可被传输到与受试者相关的移动电话,并且移动电话可以将图像数据转发到另一电子设备,以供负责控制可摄取装置的操作者查看。在一些实施例中,图像数据周期性地(例如每3秒、5秒、30秒、60秒等)传输到接收器。在其他实施例中,图像数据被实时传输到接收器。也就是说,当图像数据由光学传感器生成时,可摄取装置可以将图像数据流式传输到接收器。

[0110] 为了减少必须通过总线或无线链路传输的原始数据量,图像数据(以及识别数据、遥测数据等)可被压缩成减少量而不显著影响用户对质量的感知。例如,可以采用不同于强度的减少颜色/色调的算法,或者不同于低频内容的减少高频内容的算法。可以采用标准化的图像和/或视频压缩算法来压缩数据,比如JPEG、H.264 (MPEG)、H.265等。为了进一步减少数据量,可以在压缩和传输图像之前降低图像分辨率。例如,光学传感器可以生成具有640x480像素分辨率的图像,但该图像可以在JPEG压缩之前被下采样到320x240像素分辨率。可以在操作期间调整分辨率,以在图像质量和帧速率之间实现期望的折衷(例如当可摄取装置穿过食道时,可以降低图像质量以增加帧速率)。在数据已经通过无线链路传输之后,可以使用其他压缩算法,比如在数据被传输到控制器的情况下,该控制器具有可用于执行比在可摄取装置本身上执行更苛刻的压缩算法的计算和存储资源。该附加压缩可以用于减小存储在控制器或一些其他电子设备上的数据大小。数据可以在可摄取装置、控制器或一些其他电子设备上加密,以防止未经授权的第三方访问患者识别信息(PII)或医学敏感信息。

[0111] 图11描绘了用于控制在其穿过活体时的具有光学传感器的可摄取装置的过程1100的流程图。最初,将可摄取装置插入活体中(步骤1101)。例如,如果可摄取装置设计成监测消化系统,则可摄取装置可能被受试者摄取。当可摄取装置穿过活体时,可摄取装置可以从位于活体外部的控制器接收指示开始记录图像数据的指令的第一输入(步骤1102)。

[0112] 可摄取装置可以响应于第一输入使光学传感器开始生成图像数据(步骤1103)。可替代地,光学传感器可以配置成在可摄取装置从其包装中取出后或者在沿着可摄取装置的外表面可接近的机械开关被激活后自动开始生成图像数据。在一些实施例中,可摄取装置可以由位于活体外部的源经由RF信号、磁信号、光信号等远程激活。例如,光学传感器可以

响应于确定可摄取装置已经在包装外部一定时间量(例如3分钟、5分钟、10分钟等)而开始生成图像数据。作为另一示例,光学传感器可以响应于确定可摄取装置已经进入特定的体内环境而开始生成图像数据。

[0113] 可摄取装置然后可以使用天线将至少一些图像数据无线传输到接收器(步骤1104)。例如,处理器可以将图像数据传输到负责将图像数据调制到天线上以传输到接收器的收发器。在一些实施例中,图像数据以其原始(即原有)形式传输。在其他实施例中,图像数据以处理后的形式传输。例如,处理器可以从图像数据中过滤值,添加元数据(例如指定与活体相关的位置、时间或标识符)等。如上所述,接收器可以是控制器或一些其他电子设备的一部分。例如,医学专业人员可以使用无线连接到可摄取装置的移动工作站来查看图像数据并控制可摄取装置。作为另一示例,医学专业人员可以在平板电脑上查看图像数据,并使用类似于视频游戏控制台的控制器的专用输入设备来控制可摄取装置。

[0114] 在某些情况下,医学专业人员可能希望观察活体中的特定结构。因此,可摄取装置可以接收指示移动指令的第二输入,使得光学传感器可以观察到结构(步骤1105)。换句话说,可摄取装置可以移动,使得结构位于光学传感器的视场(FoV)中。可摄取装置可以通过改变其位置和/或定向来移动。可摄取装置可以基于体内环境的期望位置和/或特征比如粘度、流速、温度等来确定每个推进部件的适当驱动信号。一旦可摄取装置已经到达期望位置,可摄取装置可以自动保持其位置,直到预定的时间间隔到期或者直到从控制器接收到移动到新位置的指令。

[0115] 可摄取装置然后可以响应于第二输入来使至少一个推进器被驱动(步骤1106)。在一些实施例中,推进器完全基于第二输入被驱动。例如,如果第二输入代表向前移动的指令,推进器可被驱动以实现向前移动。

[0116] 对于使用板载电池供电的可摄取装置的实施例,通常希望在可摄取装置准备使用之前最小化电池放电,以便在操作期间最大化可用电量。为了避免在展开之前的运输和存储期间电池耗尽,可摄取装置可以进入低电力非活动状态,在该状态下,从电池汲取的电流被最小化或者电池与其他部件断开(例如利用机械开关、诸如MOSFET的晶体管或一些其他手段)。为了离开这种状态,可摄取装置可以由传感器激活。

[0117] 可摄取装置的一些实施例采用当检测到光时提示激活的光电传感器。光电传感器可以配置成产生指示当前可检测的可见光、红外光或紫外光水平的读数。在这些实施例中,可摄取装置可以基本不透明的包装运输和储存,以防止光电传感器被无意中或过早地激活。当包装打开时,光电传感器将暴露于光,可摄取装置可被激活。可摄取装置的其他实施例采用在可摄取装置暴露于磁场时激活的低功率磁传感器。可替代地,可摄取装置可以包括在可摄取装置没有暴露于磁场时激活的低功率磁传感器。例如,磁体可被包括在包装中,使得可摄取装置在运输和储存时一直暴露于磁场。该实施例具有多个优点。首先,过早激活的风险极小,因为包装可能伴随着可摄取装置,直到即将展开。第二,负责展开可摄取装置的个人不需要引入激活信号,比如磁场。可摄取装置的其他实施例可以使用簧片继电器作为机械电力开关,以在暴露于磁场时激活可摄取装置。在通过暴露于磁场来激活可摄取装置的实施例中,可以使用单次或多次使用的磁性固定装置,通过将磁体保持在相对于可摄取装置的正确向来促进激活。可摄取装置的其他实施例可以由机械元件(例如开关或按钮)激活,该机械元件被密封以防止流体进入,但沿着外壳的外表面定位以便可接近。

[0118] 如上所述,可摄取装置可以具有用于执行自诊断测试的内置特征,比如传感器、软件等。使用这些内置特征,可以定期测试可摄取装置的健康和性能功能。这些内置特征也有助于调试和探索新的运行机制。自诊断测试的示例包括校验和错误、软件版本、电池电压、每个马达的功耗、其他主要部件的测试等。可替代地或另外,可以命令摄像头生成要传输到目的地(例如控制器)的测试图像(例如包装的测试图像),在目的地,可以将测试图像与预期的参考图像进行比较。测试图像的成功传输需要可摄取装置正常工作。如果没有接收到测试图像或测试图像不正确,则可能表示有缺陷(例如在可摄取装置、通信信道等中),对此可能会生成警报,指示不应该展开可摄取装置。

[0119] 操纵活体中的结构

[0120] 当可摄取装置位于活体中时,操纵周围环境的能力可能是有用的。例如,当穿过活体时,可摄取装置可以生成值得进一步检查的结构的图像。该结构可能是组织,或者该结构可能是来源不明的异物。在这种情况下,可摄取装置的操作者可能希望执行高级诊断,而不仅仅是分析结构的图像。如果可摄取装置包括一个或多个介入工具(也称为“介入部件”或“介入机构”),则可以执行这样的诊断,如下文进一步讨论。

[0121] 出于简化的目的,可摄取装置可被描述为具有单个介入部件。然而,诸如本文所述的可摄取装置可以包括能够以不同方式操纵活体中的结构的多个介入部件。例如,可摄取装置可以包括能够收集样本的活检附件和能够闭合伤口从而进行活检的烧灼机构。因此,除非另有说明,可摄取装置的实施例可以包括本文描述的介入部件的任何组合。

[0122] 图12包括具有用于操纵周围环境的介入部件的可摄取装置1200和通过其可以控制介入部件的控制器1250之间的通信的高级图示。步骤1201-1203可以与图9的步骤901-903相同或基本相似。然而,在这种情况下,控制器1250将指示操纵结构的请求的第二输入发送到可摄取装置1200(步骤1204)。

[0123] 一旦接收到第二输入,可摄取装置1200可以使介入部件操纵结构(步骤1205)。在一些实施例中,介入部件沿着可摄取装置1200的外表面布置(例如在胶囊中的凹陷内),因此可以简单地朝向结构延伸。在其他实施例中,介入部件布置在可摄取装置1200内部的腔中。在这样的实施例中,介入部件可以通过胶囊中的孔朝向结构延伸。操作者能够通过控制器1250控制介入部件。因此,可摄取装置1200可以基于操作者通过控制器1250提供的输入来控制介入部件。例如,可以允许操作者通过连接到控制器1250的控制机构比如操纵杆来控制介入部件。

[0124] 在一些实施例中,可摄取装置1200使摄像头在介入部件操纵结构的同时生成结构的第二图像(步骤1206),然后将第二图像传输到控制器1250以供操作者查看(步骤1207)。操作者可以是负责管理可摄取装置1200的医学专业人员,比如全科医生、护士或专家(例如外科医生或胃肠病学家)。通过比较第一和第二图像,操作者可以确定结构是否已被成功操纵。在一些实施例中,第二图像是一系列图像的一部分,当介入部件在使用时,这些图像被实时流式传输到控制器1250。例如,可摄取装置1200可以在整个过程中将一系列图像流式传输到控制器1250,使得操作者可以确定如何控制介入部件、过程是否成功、可摄取装置1200是否应被重新定位等。

[0125] 此后,控制器1250可以发送指示介入部件已经成功操纵结构的确认的第三输入(步骤1208)。操作者可以通过控制器或某个其他电子设备提交确认。在一些实施例中,确认

是显式的。例如，操作者可以通过与示出在控制器1250通信耦合到的显示器上的数字元件交互来指定结构已被成功操纵。在其他实施例中，确认是隐式的。例如，操作者可以请求将介入部件移动到新的位置，这表明结构已被成功操纵。

[0126] 可替代地，确认可以由监测介入部件是否成功操纵结构的传感器生成。例如，可摄取装置1200可以包括活检附件，其可用于收集样本，如下面进一步讨论。在这样的实施例中，可摄取装置1200可以包括传感器（例如声学传感器或光学传感器），其基于反射能量确定活检附件是否包括样本。作为另一示例，活检附件可以包括压力传感器，其布置成使得样本的采集将使压力被施加到压力传感器。

[0127] 图13是具有位于胶囊1302的近端的多个介入部件1304a-d的可摄取装置1300的透视图。在图13中，可摄取装置1300包括围绕胶囊1302周向间隔开的四个介入部件。然而，其他实施例可以包括多于四个介入部件或少于四个介入部件。例如，可摄取装置可以包括位于胶囊1302的相对侧的一对介入部件。

[0128] 多个介入部件1304a-d可以代表彼此互补的工具。因此，多个介入部件1304a-d中的每个介入部件能够以不同的方式操纵可摄取装置1300周围的环境。然而，这不必一定如此。例如，可摄取装置可以包括配置用于抓取的一对介入部件（例如在胶囊1302的相对侧）和配置用于采样、切割、烧灼等的另一介入部件。

[0129] 在图13中，可摄取装置1300包括活检机构1304a、能够输送的其中存储有材料的输送机构1304d以及一对抓取机构1304b-c。活检机构（也称为“活检附件”或“活检工具”）可以用于从活体获取样本以发现疾病的存在、原因或程度。输送机构（也称为“输送工具”）可以具有存储在其中的材料，比如药物、烧灼剂、辐射增强剂和墨水。这里使用的术语“药物”可以指可用于治疗的任何物质，无论其形式如何。药物的示例包括治疗药物、药剂以及天然和生物识别激素。同时，抓取机构（也称为“抓取工具”）可以用于抓取活体中的结构。在图13中，这对抓取机构包括操纵器臂1304b和息肉切除工具1304c。

[0130] 可摄取装置1300可以包括摄像头1306，其能够在介入部件1304a-d操纵之前、期间或之后捕获周围环境的图像。如图13所示，多个介入部件1304a-d可以均匀的方式围绕摄像头1306径向间隔开。可替代地，多个介入部件1304a-d可以不均匀的方式围绕摄像头1306径向间隔开。例如，一对介入部件可以沿着胶囊1302的一侧彼此靠近定位，而另一介入部件可以沿着胶囊1302的另一侧定位。作为另一示例，第一对介入部件可以沿着胶囊1302的一侧彼此靠近定位，而第二对介入部件可以沿着胶囊1302的另一侧彼此靠近定位。

[0131] 如上所述，可摄取装置1300可以包括将电磁辐射发射到周围环境中的照明源。这些照明源可以布置在摄像头1306周围，以提供周围环境的一致照明。在图13中，多个照明源1308a-d以均匀的方式围绕摄像头径向间隔开，尽管多个照明源1308a-d偏离多个介入部件1304a-d。

[0132] 介入部件可以多种不同的方式安装在可摄取装置中。图14-15示出了在胶囊内安装介入部件的两种不同方法。

[0133] 图14示出了可摄取装置1400中的每个介入部件可以如何安装在包含在胶囊1402内的单独盘上。每个盘可以包括驱动或致动相应介入部件所需的机构。例如，每个盘可以包括通信耦合到可摄取装置1400的专用控制器的处理器，从该处理器接收操作指令。另外或可替代地，每个盘可以包括驱动器、电动马达等。在其他实施例中，这些盘包括用于操作相

应介入部件的微机电系统 (MEMS) 设备, 因此可被称为“MEMS 盘”。

[0134] 如上所述, 当处于缩回状态时, 介入部件可以完全居于胶囊 1402 内。然而, 当处于延伸状态时, 介入部件可以至少部分地居于胶囊 1402 的外部。图 14 包括可摄取装置 1400 的端视图、侧视图和透视图, 其中所有介入部件 1404a-c 都处于延伸状态。

[0135] 通常, 盘 1406a-c 以纵向堆叠布置固定在胶囊 1402 内。每个盘可以具有纵向定向的管 1408a-c, 该管朝向可摄取装置 1400 的近端或远端延伸, 介入部件可以通过该管输送。为了容纳这些管 1408a-c, 至少一些盘 1406a-c 可以包括间隙特征, 下面的盘的管可以穿过该间隙特征。例如在图 14 中, 最下面的 MEMS 盘 1406a 具有零间隙特征, 最上面的 MEMS 盘 1406c 具有两个间隙特征, 中间的 MEMS 盘 1406b 具有一个间隙特征。间隙特征的一个示例是沿着盘周边的凹口, 而间隙特征的另一示例是盘中的孔。间隙特征使得盘 1406a-c 能够以体积高效且模块化的布置堆叠。这种方法允许在不完全重新设计可摄取装置 1400 的架构的情况下容易地开发和集成新的介入部件。

[0136] 图 15 包括径向布置 1500 舱 1502a-c 的透视图和端视图, 舱 1502a-c 包含对应介入部件 1504a-c 所需的驱动机构。如图 15 所示, 每个介入部件可以在缩回状态和延伸状态之间线性前进。径向布置 1500 舱 1502a-c 可以占据胶囊内的全部 360 度扫描。可替代地, 其他部件的这些舱之间可能会有中断。例如, 舱 1502a-c 可以设计成使得当连接在一起时用于电缆 (例如用于摄像头和照明源) 的通道形成在径向布置 1500 的几何中心。作为另一示例, 舱 1502a-c 可以设计成使得当连接在一起时在每对舱之间形成电缆通道。

[0137] 在一些实施例中, 可用的径向空间被分成大致相等的区域, 以确保设计的模块化。在这样的实施例中, 介入部件可以设计成具有标准的径向宽度, 以确保占据这些舱是可能的。类似于图 14 所示的方法, 图 15 所示的方法允许在不完全改变可摄取装置的架构的情况下容易地开发和集成新的介入部件。

[0138] 图 16 包括具有活检机构 1602 的可摄取装置 1600 的透视图, 活检机构 1602 能够从活体中的结构移除样本, 然后存储样本用于进一步分析。例如, 活检机构 1602 可以保留样本, 使得在可摄取装置 1600 不再位于活体内部之后, 可以移除样本用于进一步分析。样本可以取自解剖结构, 或者样本可以取自异物。在接近结构之后, 可摄取装置 1600 可以使活检机构 1602 从胶囊 1606 朝向结构延伸。例如, 可摄取装置 1600 可以使活检机构 1602 延伸穿过胶囊 1606 中的孔 1604, 如图 16 所示。

[0139] 在一些实施例中, 活检机构 1602 包括在远端具有锥形尖端的中空结构主体, 如图 16 所示。中空结构主体可以包括不锈钢、钛合金或另一刚性生物相容材料。当中空结构主体的锥形尖端插入到结构中时, 结构的一部分可以通过侧向开口 1608 进入中空结构主体。这种类型的活检机构可称为“插入式元件”。然后, 可摄取装置 1600 可以接收指示活检附件 1602 成功收集样本的确认的输入。在一些实施例中, 确认由传感器生成, 该传感器配置成监测活检附件是否包括样本, 而在其他实施例中, 确认由操作者经由可摄取装置 1600 通过其被控制的控制器提交。例如, 基于对可摄取装置 1600 生成的图像的分析, 操作者可以在确定活检机构 1602 进入结构足够深度时提供确认。当接收到输入时, 可摄取装置 1600 可以使活检机构 1602 通过胶囊 1606 中的孔 1604 从结构缩回, 同时样本容纳在侧向开口 1608 中。

[0140] 在其他实施例中, 活检机构 1602 包括针, 该针包括在远端具有锋利尖端的中空结构主体。在这样的实施例中, 可摄取装置 1600 可以使针朝向结构延伸, 使得锋利尖端进入结

构,然后缩回,从而使锋利尖端从结构收回。中空结构主体可以沿着其内表面包括一个或多个倒钩,以便于固定样本。例如,环形布置倒钩可以围绕中空结构主体的内表面周向间隔开。虽然这些倒钩可以是被动结构元件,但每个倒钩可以定向成使得样本在一个方向上的移动受到抑制或限制。例如,倒钩可以定向成允许样本容易地进入中空结构主体,但阻止样本从中空结构主体移除(例如当针的锋利尖端从获取样本的结构收回时)。

[0141] 可摄取装置1600可以包括屏障,该屏障配置成通过限制通过胶囊1606中的孔1604的进入来抑制活检机构1602暴露于周围环境。换句话说,屏障可以通过堵塞孔1604来阻止流体进入胶囊1606。

[0142] 在一些实施例中,屏障包括刚性材料,比如聚合物或金属。在其初始位置,屏障可以完全堵塞孔1604,以防止流体进入(和流出活检机构1602)。展开机构可以配置成在活检附件1602延伸穿过孔1604之前移动屏障。展开机构可以通过螺线管动作、齿条和小齿轮动作(例如具有相应齿轮的电动马达)、弹簧加载、气动加载、液压加载等来实现移动。通常,展开机构移动屏障,使得孔1604完全打开可接近;然而,展开机构可以移动屏障,使得孔1604的一部分保持闭塞。

[0143] 在其他实施例中,屏障包括弹性体,比如不饱和橡胶(例如异戊二烯橡胶)或饱和橡胶(例如硅橡胶)。在这样的实施例中,展开机构可以在不移动屏障的情况下将活检机构1602移动到延伸位置,从而使屏障被活检机构1602刺穿。可替代地,屏障可以包括开口(例如狭缝),展开机构可以通过该开口移动活检机构1602而不损坏屏障。基于弹性体的屏障在某些情况下可能是理想的,因为活检机构1602的纵向运动是可能的,同时仍保持对流体的一些密封动作。

[0144] 如下文进一步讨论,可以存在其他介入部件来促进样本的收集。例如,可摄取装置1600的实施例可以包括具有高前角的钻头(例如用于剥离样本)、抓取机构或具有锋利边缘的切割机构,以帮助从结构移除样本。作为另一示例,可摄取装置可以包括带有刷毛(例如具有微倒钩)的刷子,该刷子可以刮过结构的表面以获得样本。例如,刷子可以进行旋转或线性运动,以从感兴趣组织刮除细胞。

[0145] 图17示出了可摄取装置可以如何包括样本可以密封在其中的一个或多个存储舱1702。如上所述,可摄取装置可以包括能够从活体中的结构获取样本的介入部件1704。例如,可摄取装置可以包括具有锋利尖端的针,锋利尖端可以插入到要从中提取样本的结构中,或者可摄取装置可以包括插入式元件(例如在螺旋千斤顶上),其可以插入到要从中提取样本的结构中。在图17中,介入部件1704是类似于图16的活检机构的插入式元件;然而,本领域技术人员将认识到,可摄取装置可以采用各种类型的介入部件来收集样本。无论其形式如何,介入部件都可以与样本一起缩回到胶囊中。

[0146] 收集机构可以配置为从介入部件1704移除样本,以存储在存储舱之一中。例如,真空元件可以将样本拉入存储舱之一中,或者机械元件可以将样本推入或放置到存储舱之一中。这种方法允许获得多个样本,然后在可摄取装置穿过活体时将这些样本彼此隔离并与周围环境隔离。

[0147] 如图17所示,可摄取装置可以包括径向布置存储舱1702,其在介入部件收集样本时可以旋转。例如,在样本已经从介入部件1704移除并存储在存储舱1702之一中之后,径向布置可以旋转,使得由介入部件1704收集的样本可以存储在另一存储舱中。可摄取装置可

以设计成使得胶囊可被打开(例如用专用工具),并且在可摄取装置已经离开活体之后,存储舱1702中的样本可被移除。

[0148] 可摄取装置的其他实施例包括径向布置存储舱,其中每个存储舱与相应的介入部件相关。在这样的实施例中,由每个介入部件收集的样本可以存储在其自己的存储舱中,以最小化交叉污染的可能性。如上所述,这些介入部件可以由专用驱动机构单独控制,或者这些介入部件可以在收集样本时通过单个驱动机构旋转,并且可摄取装置被循环以准备收集下一个样本。

[0149] 图18A是具有能够切除从组织突出的息肉1804的介入部件1802的可摄取装置1800的透视图。这种介入部件可被称为“息肉切除机构”、“息肉切除器具”或“息肉切除工具”。如图18A所示,介入部件1802可以包括环线1806,其可以类似于套索围绕息肉1804放置,然后抽拉闭合,从而将息肉1804从其基部的组织剪切。息肉1804可被带进胶囊1808内,用于运输出活体。

[0150] 其他介入部件可能有助于基于线的样本切除。例如,息肉1804可以由另一介入部件用能量瞄准(例如用RF波、微波等瞄准息肉1804的消融元件)。作为另一示例,息肉1804可以由切割机构(也称为“切割工具”)切断。作为另一示例,可摄取装置1800可以包括能够操纵和/或探查息肉1804的抓取机构(例如操纵器臂)。

[0151] 其他实施例可以包括旋转切割特征,其用于切除基本不从周围组织突出的材料。旋转切割特征的一个示例是可旋转切割元件,其包括带有切割槽的轴。旋转切割特征可以具有高前角的切割表面为特征,以便于剥离切断的材料。切割表面后面的后角可以用来降低摩擦和提高切割效率。切断的材料可被截留或缩回到胶囊中,用于活体外的进一步研究,或者切断的材料可以简单地通过自然蠕动离开活体。

[0152] 图18B是具有能够切除息肉1854的介入部件1852的另一可摄取装置1850的透视图。像图18A的介入部件1802一样,介入部件1852可以包括环线1856,其可以从中空结构主体1858展开,然后被拉入其中。在一些实施例中,中空结构主体1858通过胶囊1860延伸到周围环境中,然后在切除息肉1854的同时被保持。在其他实施例中,中空结构主体1858通过胶囊1860延伸到周围环境中,然后在单次运动中缩回到胶囊1860中。这两种方法都允许在可摄取药丸1850穿过活体时获得多个样本(例如样本结构或不同结构的样本)。介入部件1852的致动可以使用MEMS设备、机械弹簧、电动马达、螺线管等来实现。

[0153] 如图18B所示,环线1856可被展开以在环线1856被拉到接近形成通道时通过剪切动作切除息肉1854的至少一部分。环线1856可以包括编织不锈钢、具有切割元件和/或剪切元件的MEMS设备的链节、单丝聚合物、编织聚合物或具有高拉伸强度的另一柔性材料。例如,如果高线性力对缩回有用,则可能需要MEMS设备的链节。

[0154] 图19是具有介入部件1902的可摄取装置1900的透视图,介入部件1902具有用于切割的一个或多个锋利边缘。这种介入部件可以称为“切割机构”或“切割工具”。在图19中,介入部件1902是旋转切除特征,其包括轴1904,轴1904具有用于获得样本的切割槽1906。除了高径向后角之外,切割槽1906可以具有高径向前角,以促进样本从其原始位置的切割和/或剥离。负责旋转轴1904的驱动机构可以位于胶囊1908内部。

[0155] 样本可以通过阿基米德螺杆被运送到胶囊1908中。可替代地,可摄取装置1900可以包括另一介入部件,其配置成一旦被切割槽1906分离就捕获样本。例如,可摄取装置1900

可以包括能够抓取样本的抓取机构或能够封装样本的机械爪。在一些实施例中,已被运送到胶囊1908中的样本可被进一步浸渍。例如,切割槽1906内捕获的材料(例如组织)可被提供给位于胶囊1908内的剪切元件。

[0156] 如上所述,介入部件1902可以通过使其前进通过胶囊1908中的孔而暴露于周围环境,该孔最初被刚性屏障堵塞,或者介入部件1902可以通过使其前进通过其中限定有开口的柔性屏障而暴露于周围环境。可替代地,介入部件1902可以通过使其前进通过半球形壳体而暴露于周围环境,该半球形壳体包括形状记忆合金,并且用于在切割动作完成后封装样本。

[0157] 图20包括能够抓取活体中的结构的介入部件2000、2010、2020、2030的四个示例。这种介入部件可以称为“抓取机构”或“抓取器具”或“抓取工具”。

[0158] 第一介入部件2000包括连接到结构主体2004的一对机械爪2002,结构主体2004可以在中空结构主体2006内滑动。当该对机械爪2002延伸远离中空结构主体2006的开口时,该对机械爪2002可以自然打开。然而,当该对机械爪2002被拉入中空结构主体2006的开口中时,该对机械爪2002可以关闭(例如由于由中空结构主体2006的边缘施加的压力)。

[0159] 第二介入部件2010包括一对机械爪2012,其可以通过沿着结构主体2018移动连接到支撑臂2016的喉部件2014来致动。当喉部件2014沿着结构主体2018远离该对机械爪2012移动时,张力被施加到支撑臂2016,这导致支撑臂2016将该对机械爪2012拉至打开状态。当喉部件2014沿着结构主体2018向上移动时,支撑臂2016将弯曲,从而移除张力。移除张力可以使该对机械爪2012返回到闭合状态。

[0160] 在一些实施例中,两个机械爪都是可致动的。因此,每个机械爪能够在第一位置(也称为“打开位置”)和第二位置(也称为“闭合位置”)之间移动。然而,在其他实施例中,只有一个机械爪是可致动的。在这样的实施例中,一个机械爪将保持在闭合位置,而另一个机械爪在打开和闭合位置之间移动。第三介入部件2020包括一对机械爪2022,尽管只有一个机械爪可在打开和闭合状态之间致动。

[0161] 一些抓取机构设计成简单地抓取活体中的结构。第四介入部件2030是这种抓取机构的示例。特别地,第四介入部件2030包括一对机械爪2032,其可被称为“鼠牙爪”或“鳄鱼爪”。其他抓取机构设计成切割活体中的结构。例如,一对机械爪中的至少一个可以具有用于切割的锋利边缘。这些机械爪(也称为“切割爪”或“剪切爪”)可以围绕结构闭合,以便将其剪切掉,或者这些机械爪可以连续“咬”直到从结构移除足够的材料。单次“咬”的材料可被带回可摄取装置中(例如,并且存储在存储舱中,如参考图17讨论)中,用于在活体外进一步分析。锋利边缘可能有助于确保获取样本而不对从中提取这些样本的结构施加显著扭矩。

[0162] 一对机械爪可以设计成在结构上彼此互补,从而能够有效地捕获和保持样本。例如,如图20所示,一些机械爪可以具有大致线性轮廓,而其他机械爪可以具有类似于锯齿波、正弦波、方波等的轮廓。当一对机械爪处于闭合位置时,可以形成腔,样本可以保持在该腔中。腔可以部分或完全被该对机械爪封闭。例如,一对机械爪可以设计成将样本与周围流体隔离,以便将污染的可能性最小化。

[0163] 图21包括具有围绕其近端固定的一个或多个弹性带2102的可摄取装置2100的侧视图。这些弹性带2102可以围绕结构(例如息肉)展开,以便减少或消除循环,从而最终脱

落。弹性带2102最初可以围绕胶囊2104的锥形部分2106固定。锥形部分2106可以具有中空芯2108,光可以通过该中空芯2108被收集以供摄像头2110成像。如图21所示,一对擒纵臂2112可以配置成旋转以围绕感兴趣结构释放弹性带,然后定位下一个弹性带以准备释放。当弹性带从胶囊2104的锥形部分2106释放时,其余弹性带可能由于锥形而向前滚动。

[0164] 图22是包括具有钝形的介入部件2202的可摄取装置2200的透视图,该钝形可用于按压组织以暂时置换循环血液。在图22中,介入部件2202代表从胶囊2204的近端突出的延伸鼻部分。介入部件2202可以部分或全部围绕摄像头延伸。因此,介入部件2202可以具有完全围绕摄像头的环形形式。介入部件2202的厚度可以小于0.5毫米(mm)、1mm或2mm。介入部件2202可以包括聚碳酸酯或另一刚性生物相容材料。

[0165] 最初,可摄取装置2200可以与要被按压的结构对齐。结构可以是例如胃内层或肠内层(也称为“上皮”)。然后,可摄取装置2200可以使用位于远端的推进器2206将介入部件2202推入结构中。因此,可以通过使用可摄取装置2200的推进系统来实现钝压。可替代地,可以通过介入部件2202相对于胶囊2204的机械展开来实现钝压。例如,介入部件2202可以在缩回状态和延伸状态之间被机械致动,以向结构施加压力。机械展开可以通过螺线管动作、齿条和小齿轮动作(例如具有相应齿轮的电动马达)、弹簧加载、气动加载、液压加载等来完成。

[0166] 多血管和/或健康可以基于介入部件2202从结构移除时血液被替换的速度来推断。例如,癌性病变往往具有较高多血管和血液再灌注率。因此,可摄取装置2200可在介入部件2202已从结构移除之后立即使摄像头捕获一系列图像,然后将该系列图像传输到接收器(例如在控制器中)以供进一步分析。

[0167] 图23包括具有可用于稳定的多个锚定构件2302的可摄取装置2300的透视图、侧视图和端视图。在图23中,可摄取装置2300包括四个锚定构件2302,它们以均匀间距围绕胶囊2304周向间隔开。可摄取装置2300的其他实施例可以包括多于或少于四个锚定构件2302。虽然锚定构件2302示出为从胶囊2304的近端朝向胶囊2304的远端延伸,但锚定构件2302可以沿着胶囊的任何部分锚定。

[0168] 锚定构件2302可以是圈或线的形式。在锚定构件2302是线的实施例中,每个线的端部可以变钝。例如,可以通过激光焊接机将热量连续施加到每个线的端部,以形成球形元件,其横截面积明显大于线的横截面积。这种方法确保锚定构件2302能够以无创伤的方式接合组织。

[0169] 锚定构件2302可以接合组织,以便将可摄取装置2300机械锁定在适当位置。这种方法可用于执行详细的诊断,为介入部件提供附着力,该介入部件必须以比推进系统能够提供的力更大的力推靠目标解剖结构,或者消除与原地悬停命令相关的电力消耗。因此,锚定构件2302可用于代替或除了可摄取装置2300的推进系统之外提供杠杆作用(例如当用活检机构获得样本时)。锚定构件2302可以通过形状记忆合金、齿条小齿轮式延伸件(例如由电动马达和相应的齿轮驱动)或弹性加载元件来致动,弹性加载元件在从保持腔、轨道等延伸时呈现不同的形状。

[0170] 图24A包括包含具有存储在其中的材料的一系列介入部件2402的可摄取装置2400的侧视图和端视图。这些介入部件2402可用于将相应材料输送到活体中的目标解剖结构,因此可被称为“输送机构”或“输送工具”。输送机构的一个示例是装载有可注射到结构中的

材料的弹簧加载注射器。输送机构的另一示例是装载有可被释放到可摄取装置2400周围环境中的材料的隔室。

[0171] 材料示例包括药物、烧灼剂、辐射增强剂和墨水。例如，输送机构可以包括治疗药物、药剂、天然激素或可被释放用于治疗目的的生物识别激素。作为另一示例，输送机构可以包括烧灼剂，比如硝酸银，以减少活体内部伤口的出血。作为另一示例，输送机构可以包括辐射增强剂，其被释放以改善在基于辐射的成像过程期间捕获的图像的对比度和/或质量。作为另一示例，输送机构可以包括墨水，其可以用于永久地或暂时地标记活体内的位置（例如可以在随后的过程中作为目标）。

[0172] 输送机构能够被推进到结构中以注射存储在其中的材料。图24B示出了其中存储有材料2406的介入部件2402可以如何被弹簧2408致动。介入部件2402的其他实施例可以由MEMS设备、液压装置、气动装置或化学装置来致动。在一些实施例中，介入部件2402配置成在中空结构主体中滑动，该中空结构主体中具有通过胶囊2404暴露于周围环境的腔。在这样的实施例中，可以通过根据上面参照图7A-7B讨论的过程密封每个管来阻止流体流入胶囊2404。在其他实施例中，介入部件2402配置成延伸穿过胶囊2404中的孔。例如，每个介入部件2402能够延伸穿过具有柔性屏障的孔，该柔性屏障阻止流体流入胶囊2404。

[0173] 图25包括具有能够存储并随后展开外科缝合钉2504（或简称为“缝合钉”）的介入部件2502的可摄取装置2500的透视图。缝合钉可以用于闭合开放性出血、息肉切除、活检等造成的伤口。缝合钉可以由介入部件2502中包括的高扭矩、慢动作机构2508比如MEMS设备闭合。

[0174] 在一些实施例中，缝合钉包括金属合金，而在其他实施例中，缝合钉包括生物可吸收材料（也称为“生物再吸收材料”）。这里使用的术语“生物可吸收材料”和“生物再吸收材料”指的是当放置在活体内时将开始溶解并慢慢被组织替代的材料。生物可吸收材料的示例包括磷酸三钙和聚乳酸-聚乙醇酸共聚物。如果伤口随着时间的推移加速愈合，那么生物可吸收材料可能是理想的，从而不需要缝合钉。

[0175] 在图25中，介入部件2502包括缝合钉仓2506，缝合钉可以通过进给机构2510（比如进给杆）进给到高扭矩、慢动作机构2508。然而，伤口可以通过其他方式闭合。例如，可摄取装置2500的实施例能够应用生物可吸收粘合剂（例如基于聚乙二醇的（基于聚乙二醇的）水凝胶）或生物相容粘合剂（例如聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA））。作为另一示例，可摄取装置2500的实施例能够应用生物可吸收缝线或生物可吸收支架。

[0176] 图26包括具有能够烧灼活体内的组织的介入部件2602的可摄取装置2600的透视图。这种介入部件2602可被称为“烧灼机构”或“烧灼器具”。烧灼可用于闭合开放性出血、息肉切除、活检等造成的伤口。因此，烧灼机构通常伴随有活检机构、抓取机构等。例如在图26中，可摄取装置2600包括能够烧灼组织的第一介入部件2602和能够抓取组织（以及周围结构，如果必要的话）的第二介入部件2604。

[0177] 在一些实施例中，介入部件2602包括电阻加热元件，其通过传导向组织施加热量。在其他实施例中，介入部件2602包括消融元件，其通过用RF波、微波等直接瞄准组织来施加热量。因此，热量可以通过传导、对流或辐射传递到组织。

[0178] 代替或除了参考图13-26讨论的那些之外，可摄取装置可以包括其他介入部件。例如，可摄取装置可以包括包含沿着远端（例如沿着球形或锥形元件的表面）具有倒钩的轴的

抓取元件。在这样的实施例中，可摄取装置可以延伸抓取元件，以便穿透感兴趣结构。然后，可摄取装置可以部分缩回介入部件，使得结构的至少一部分作为样本移位。在一些实施例中，介入部件缩回到可摄取装置中，以允许随后对样本进行分析，而在其他实施例中，介入部件从可摄取装置分离，以便将样本释放到活体中。

[0179] 通信环境

[0180] 图27描绘了通信环境2700的示例，该通信环境2700包括通信耦合到控制器2704的可摄取装置2702。操作者可以使用控制器2704控制可摄取装置2702。此外，可摄取装置2702可以配置为向一个或多个电子设备传输数据（例如图像数据或生物测定数据）。电子设备的示例包括监视器2706、计算机服务器2708和移动电话2710。可摄取装置2702、控制器2704和电子设备可以统称为“联网设备”。

[0181] 在一些实施例中，联网设备通过点对点无线连接而彼此连接，如图27所示。例如，可摄取装置2702可以经由蓝牙®、近场通信 (NFC)、Wi-Fi® 直接（也称为“Wi-Fi P2P”）、Zigbee®、另一商业点对点协议或专有点对点协议通信地耦合到控制器2704。在其他实施例中，联网设备通过网络彼此连接，比如个人区域网 (PAN)、局域网 (LAN)、广域网 (WAN)、城域网 (MAN)、蜂窝网或互联网。例如，可摄取装置2702可以经由单独的LoRa®通信信道通信地耦合到监视器2706和计算机服务器2708。

[0182] 联网设备之间建立的连接可以是双向的或单向的。例如，控制器2704可被允许向可摄取装置2702传输数据，即使可摄取装置2702可能无法向控制器2704传输数据。类似地，可摄取装置2702可被允许向电子设备传输数据，即使电子设备可能无法向可摄取装置2702传输数据。

[0183] 通信环境2700的实施例可以包括一些或所有联网设备。例如，通信环境2700的一些实施例包括可摄取装置2702和用作控制器和在其上查看图像数据的电子设备的单个设备（例如移动电话、平板电脑或移动工作站）。作为另一示例，通信环境2700的一些实施例包括可摄取装置2702和图像数据存储在其上以供后续查看的计算机服务器2708。在这样的实施例中，因为图像数据将在稍后的时间点被查看，所以通信环境2700不需要包括控制器2704。作为另一示例，通信环境2700的一些实施例包括用作控制器2704的没有显示能力的专用输入设备和在其上查看图像数据的电子设备，诸如平板电脑或移动电话。在这样的实施例中，专用输入设备可以通信耦合到可摄取装置和/或电子设备。

[0184] 由于可摄取装置2702可以在体内操作，所以与流体、组织等的紧密接近可能影响天线的电磁操作特性。为了解决此，天线可以设计和/或选择为最小化附近材料的影响，这些材料具有与自由空间显著不同的相对介电常数。作为示例，一实施例可以使用具有一圈或多圈的小环形天线，其主要与近场中的磁场分量相互作用，因此受高介电材料的接近影响较小。可替代地，天线可以设计和/或选择为补偿活体内部流体的影响。作为示例，实施例可以使用直的、弯的、弯曲的或曲折的天线（例如单极天线），其中当可摄取装置2702被流体或活体解剖包围时，有效电天线长度在收发器工作波长的八分之一和三分之一之间。例如，一实施例可以使用明显短于自由空间四分之一波长的单极或“鞭状”天线。虽然这种天线在空气中不会被最佳地调谐，但接近高介电流体可能导致天线在电学上表现得好像它明显更长并且被适当地调谐到感兴趣频率。这种方法还具有允许使用比在干燥空气中工作的最佳天线小得多的天线的优点。天线的机械结构可以设计成符合可摄取装置2702的外壳。

[0185] 天线和收发器电路可以设计成使得单个天线用于发送和接收数据。可替代地,可以使用多个天线。例如,不同的天线可以在某些定向或流体条件下提供优越的性能,并且可以在操作期间监测每个天线的性能,以便选择在任何给定时间点具有最高性能的天线。在使用无线电力传输的实施例中,可摄取装置2702可以配置为使用单个天线进行电力和数据传输,以消除对额外天线的需要。可替代地,不同的天线或电磁耦合结构可以用于电力和数据传输,允许每个针对其相应任务而被优化。

[0186] 为了允许多个可摄取装置在紧密接近内操作(例如在同一房间或建筑物中接受治疗的多个患者),可以使用配对特征来建立上面讨论的通信信道。可以使用配对特征来确保每个可摄取装置与单个控制器通信。为了实现此,可以在制造过程中为每个可摄取装置分配唯一的标识号。当可摄取装置建立通信信道时,可摄取装置可以发送其标识符来确定通信信道是否是与适当的控制器建立的。另外或可替代地,可摄取装置可以将标识符(或缩短/修改的标识符)作为标签附加到数据包,以指定适当的控制器。因此,每个控制器可以假设没有正确标识符的数据包将被另一控制器接收且因此可被忽略。作为该过程的一部分,可摄取装置和相应的控制器可以选择切换到不同的通信信道或频率,以避免不得与其他成对的可摄取装置和控制器共享时间和带宽。可摄取装置和相应的控制器可以选择在操作期间根据需要改变通信频率,以避免与干扰设备竞争,这种策略被称为“跳频”。

[0187] 处理系统

[0188] 图28是示出处理系统2800的示例的框图,其中可以实现这里描述的至少一些操作。处理系统2800的部件可以托管在可摄取装置(例如图1的可摄取装置100)上。

[0189] 处理系统2800可以包括通信连接到总线2816的中央处理单元(“处理器”)2802、主存储器2806、非易失性存储器2810、无线收发器2812、输入/输出设备2818、控制设备2820、包括存储介质2824的驱动单元2822以及信号产生设备2828。总线2816示出为抽象,其表示由适当的桥、适配器或控制器连接的一个或多个物理总线和/或点对点连接。因此,总线2816可以包括系统总线、外围部件互连(PCI)总线、PCI-Express总线、超传输总线、工业标准体系结构(ISA)总线、小型计算机系统接口(SCSI)总线、通用串行总线(USB)、集成电路间(I²C)总线或符合电气和电子工程师协会(IEEE)标准2894的总线。

[0190] 处理系统2800可以共享与以下类似的计算机处理器架构:台式计算机、平板电脑、移动电话、视频游戏控制台、可穿戴电子设备(例如手表或健身跟踪器)、网络连接(“智能”)设备(例如电视或家庭助理设备)、增强或虚拟现实系统(例如头戴式显示器)或能够执行指定处理系统2800要采取的动作的一组指令(顺序或其他)的另一电子设备。

[0191] 虽然主存储器2806、非易失性存储器2810和存储介质2824示出为单个介质,但术语“存储介质”和“机器可读介质”应被理解为包括存储一组或多组指令2826的单个介质或多个介质。术语“存储介质”和“机器可读介质”也应被理解为包括能够存储、编码或携带一组指令以供处理系统2800执行的任何介质。

[0192] 一般来说,被执行以实现本公开实施例的例程可以实现为操作系统或特定应用、部件、程序、对象、模块或指令序列(统称为“计算机程序”)的一部分。计算机程序通常包括在不同时间设置在电子设备中的不同存储器和存储设备中的指令(例如指令2804、2808、2826)。当由处理器2802读取和执行时,指令使得处理系统2800进行操作以执行本公开的各个方面。

[0193] 虽然已经在全功能电子设备的背景下描述了实施例,但本领域技术人员将理解,各种实施例能够以各种形式作为程序产品分发。无论用于实际引起分发的机器或计算机可读介质的具体类型如何,本公开都适用。机器和计算机可读介质的其他示例包括可记录类型的介质,比如易失性和非易失性存储设备2810、可移动盘、硬盘驱动器、光盘(例如光盘只读存储器(CD-ROMS)和数字多功能盘(DVD))、基于云的存储以及传输类型的介质,比如数字和模拟通信链路。

[0194] 无线收发器2812使得处理系统2800能够通过处理系统2800和外部实体支持的任何无线通信协议在网络2814中与处理系统2800外部的实体传递数据。无线收发器2812可以包括例如集成电路(例如能够通过蓝牙或Wi-Fi进行通信)、网络适配卡或无线网络接口卡。

[0195] 这里介绍的技术可以使用软件、固件、硬件或这些形式的组合来实现。例如,本公开的各方面可以使用专用硬连线(即不可编程)电路来实现,该电路的形式为专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑器件(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0196] 评论

[0197] 出于说明的目的,已经提供了各种实施例的前述描述。它并不旨在穷举或将所要求保护的主体限制于所公开的精确形式。许多修改和变化对于本领域技术人员来说是显而易见的。选择和描述实施例是为了最好地描述本发明的原理及其实际应用,从而使相关领域的技术人员能够理解所要求保护的主体、各种实施例和适于预期的特定用途的各种修改。

[0198] 尽管详细描述说明了各种实施例,但无论详细描述看起来有多详细,都可以多种方式实践该技术。实施例可以在它们的实施细节上有很大变化,同时仍被说明书所包含。在描述各种实施例的某些特征或方面时使用的特定术语不应被理解为暗示该术语在此被重新定义为限于与该术语相关的技术的任何特定特征、特征或方面。一般来说,除非在此明确定义,否则在以下权利要求中使用的术语不应被解释为将技术限制于说明书中公开的特定实施例。因此,该技术的实际范围不仅包括所公开的实施例,还包括实践或实现这些实施例的所有等同方式。

[0199] 本说明书中使用的语言主要是出于可读性和指导性的目的而选择的。它可能没有被选择来描绘或限制主题。因此,本技术的范围不是由本详细描述来限定,而是由基于此的公布在申请上的任何权利要求来限定。因此,各种实施例的公开旨在说明而非限制如以下权利要求中阐述的技术范围。

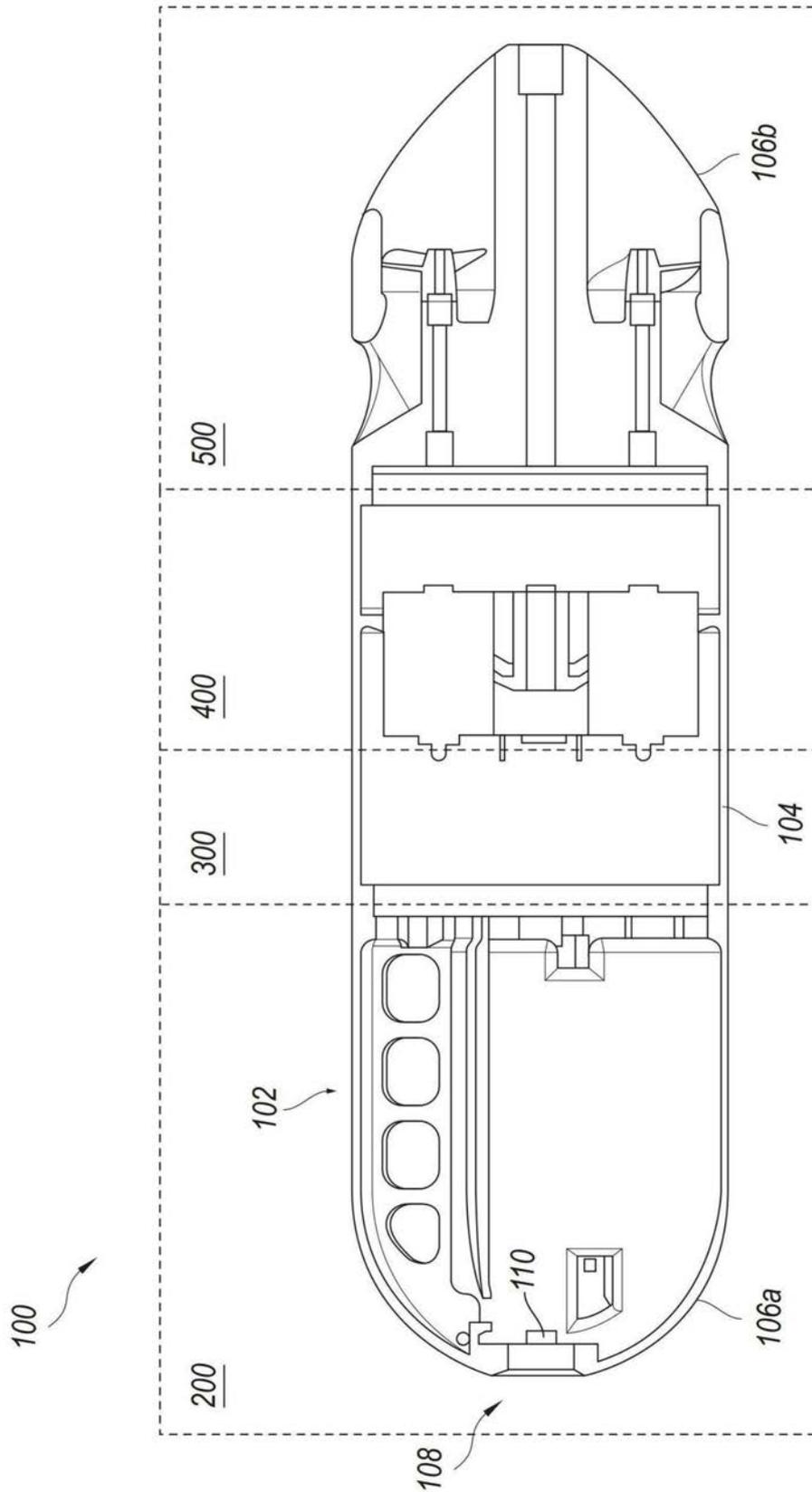


图1

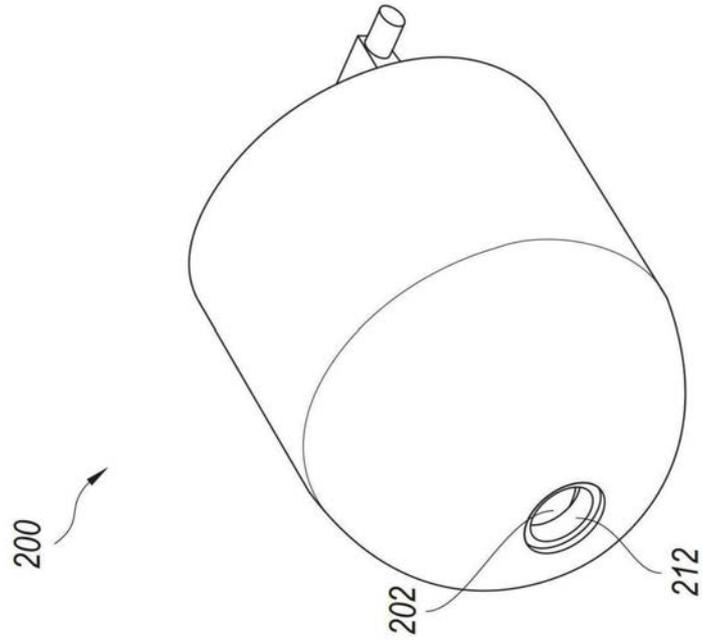


图2A

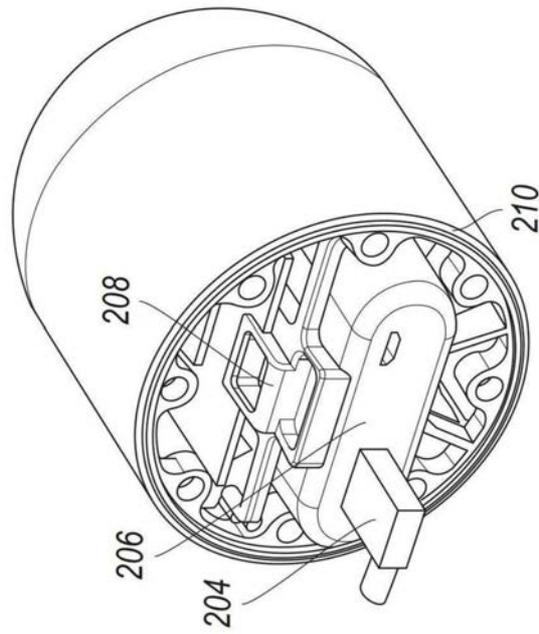


图2B

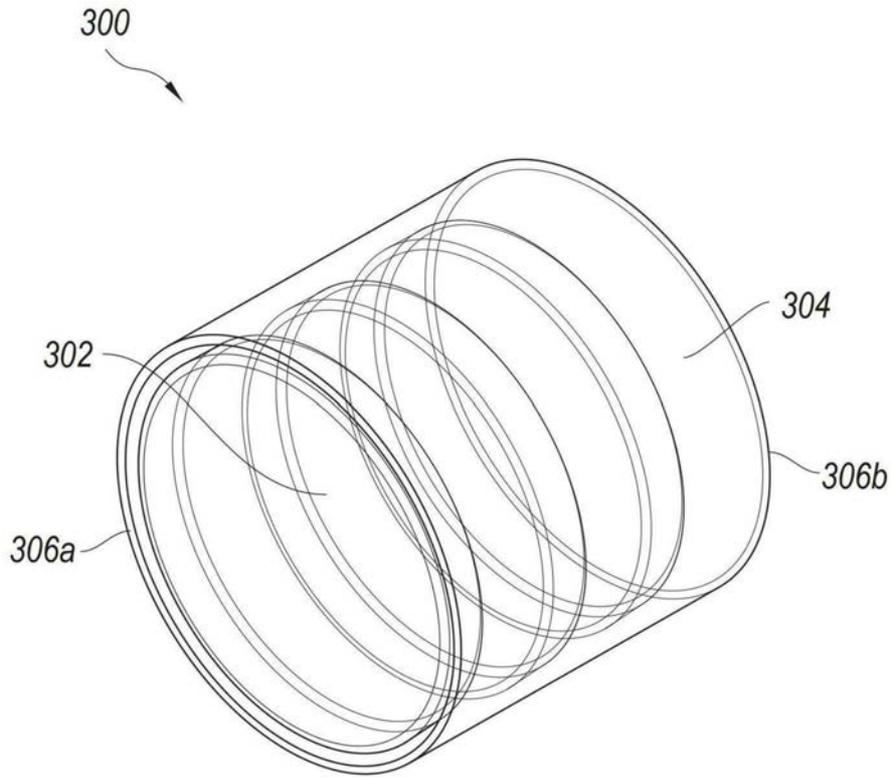


图3

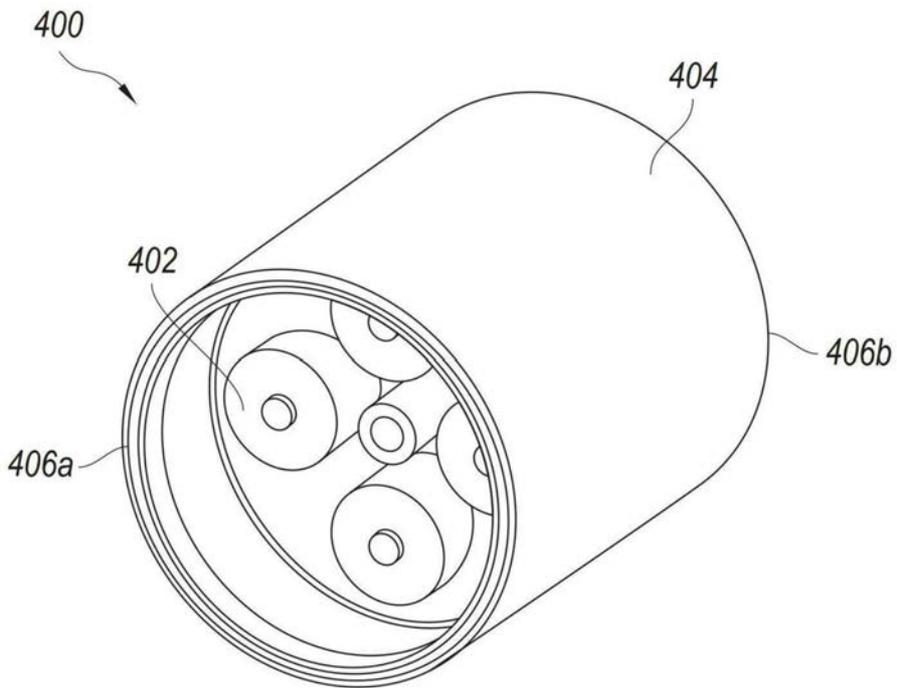


图4

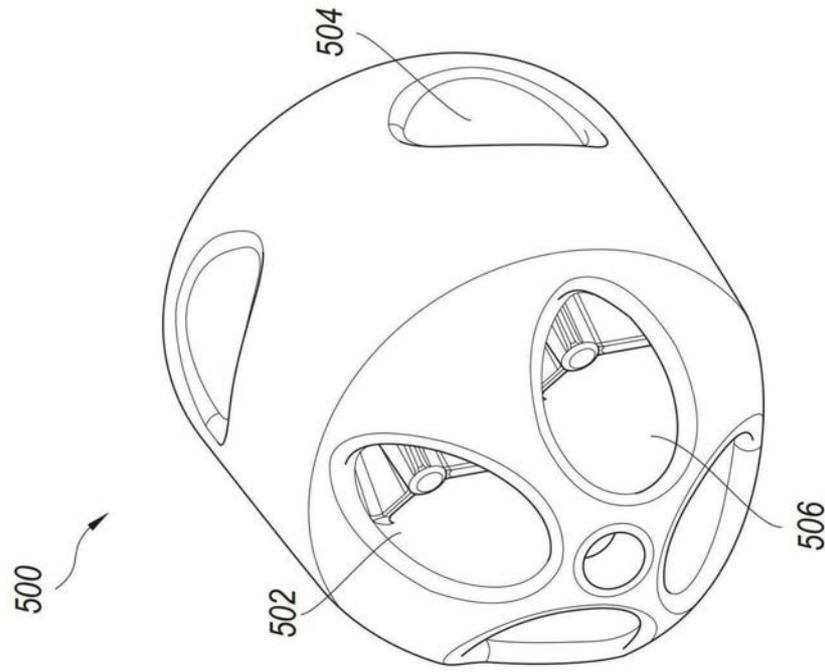


图5A

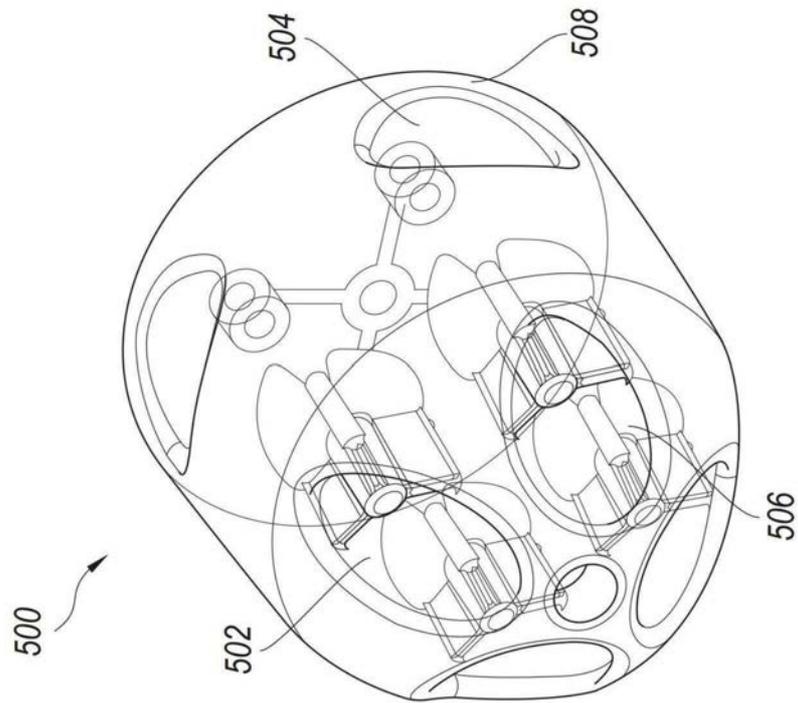


图5B

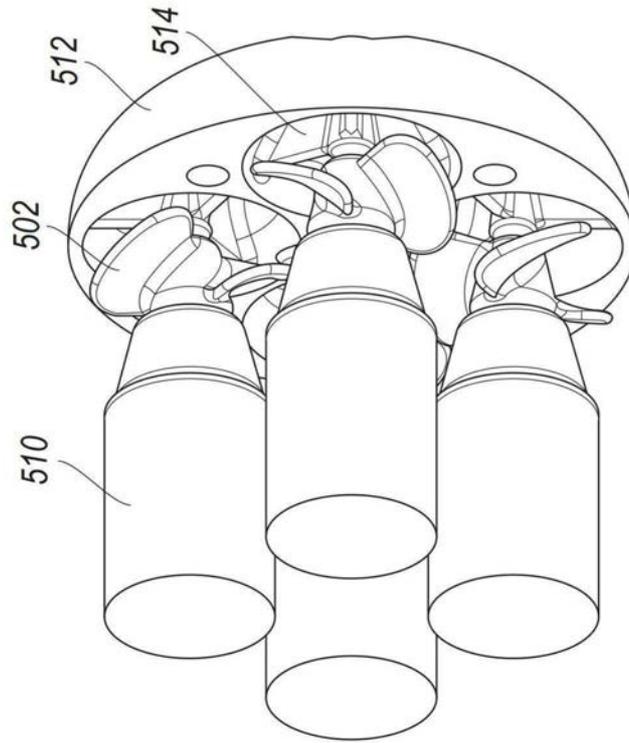


图5C

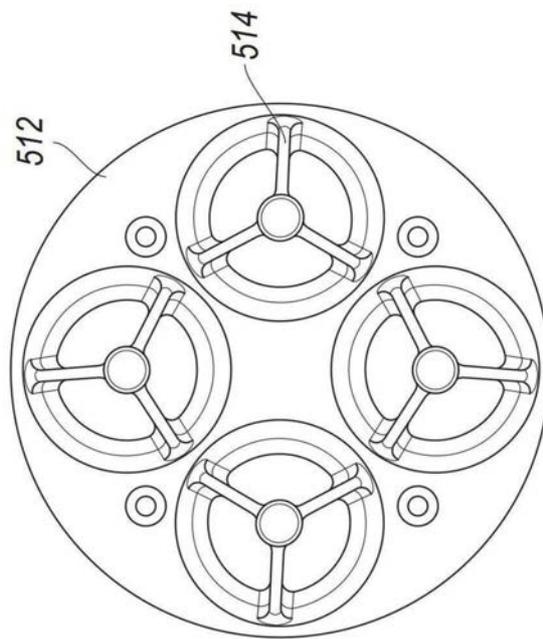


图5D

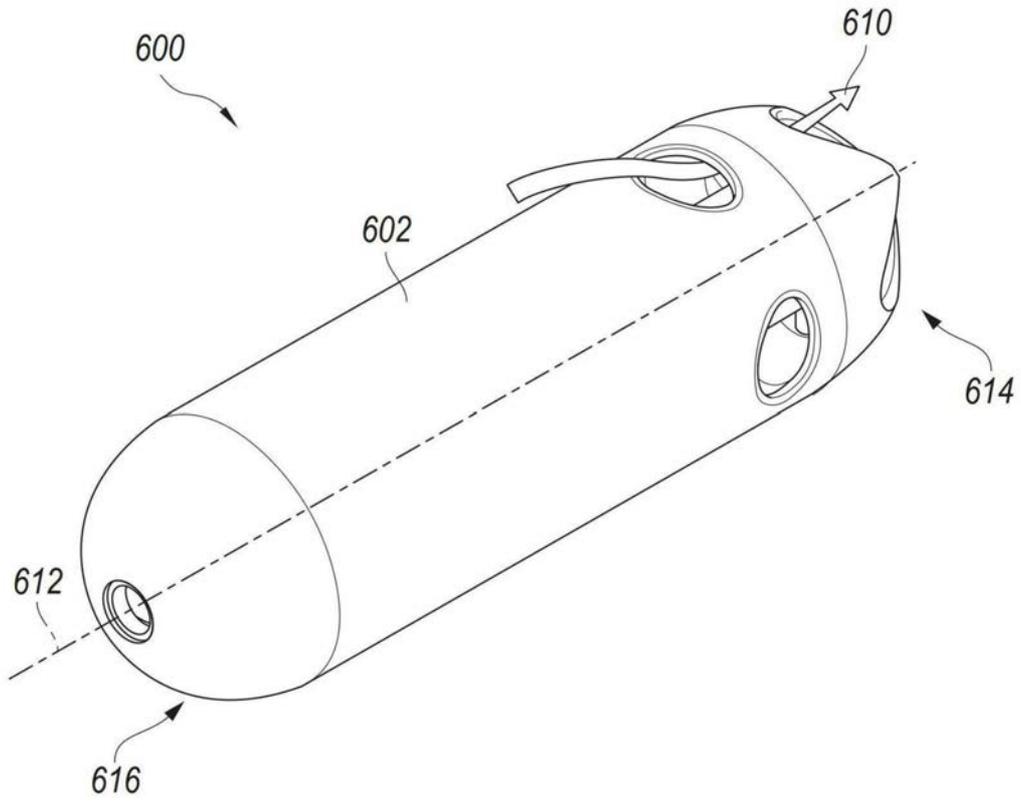


图6A

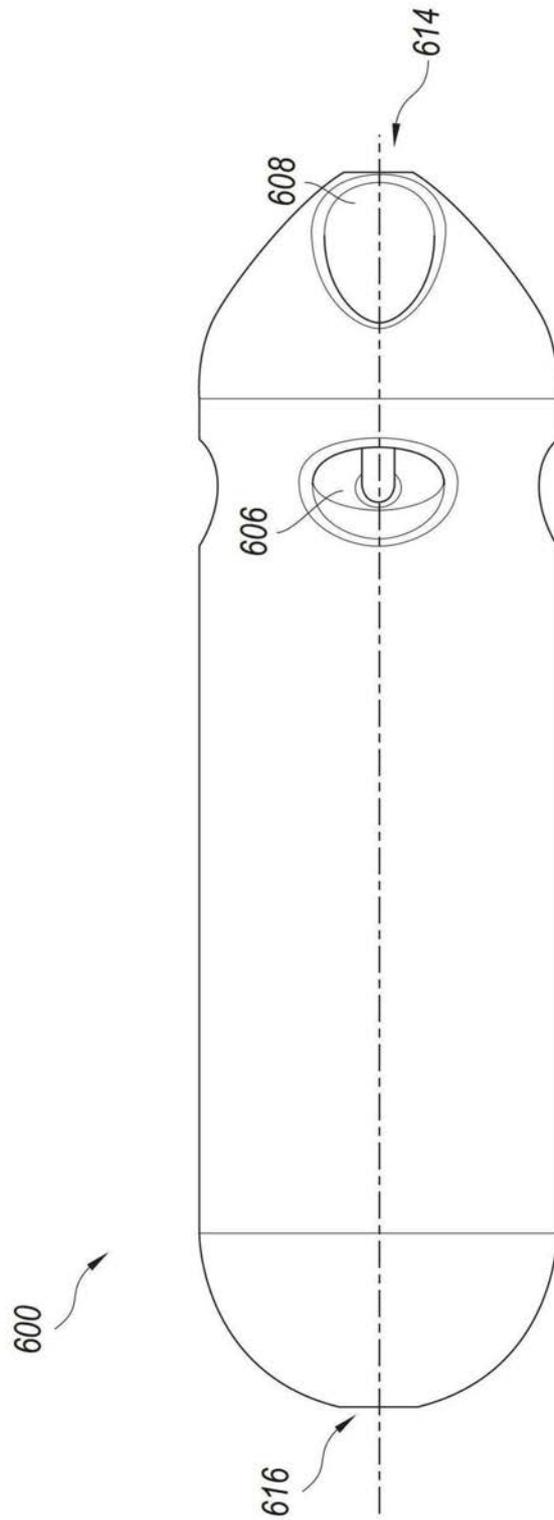


图6B

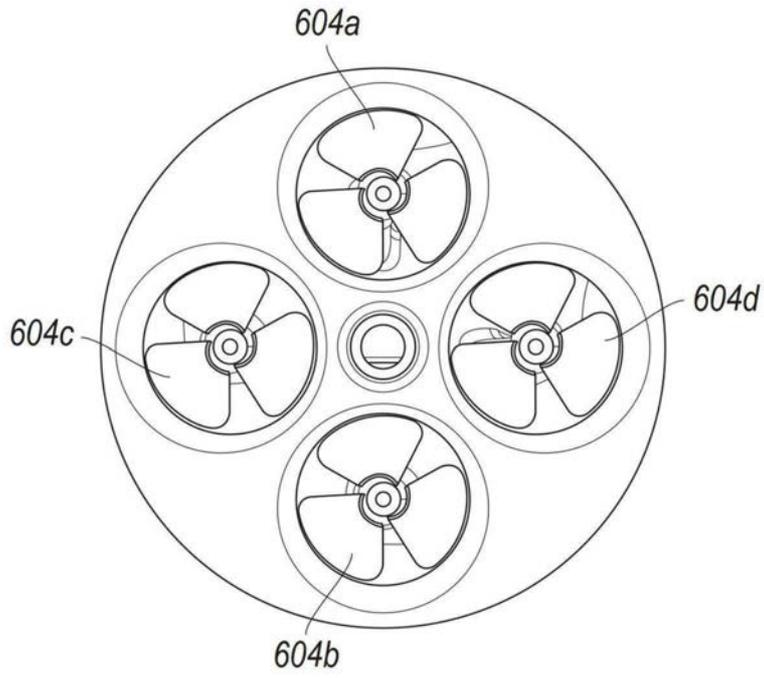


图6C

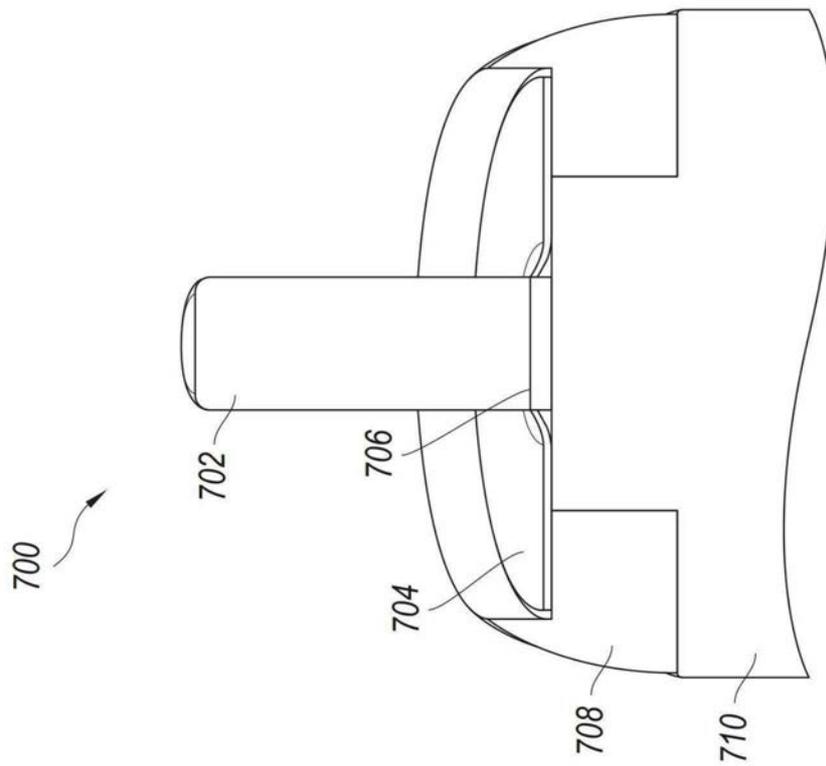


图7A

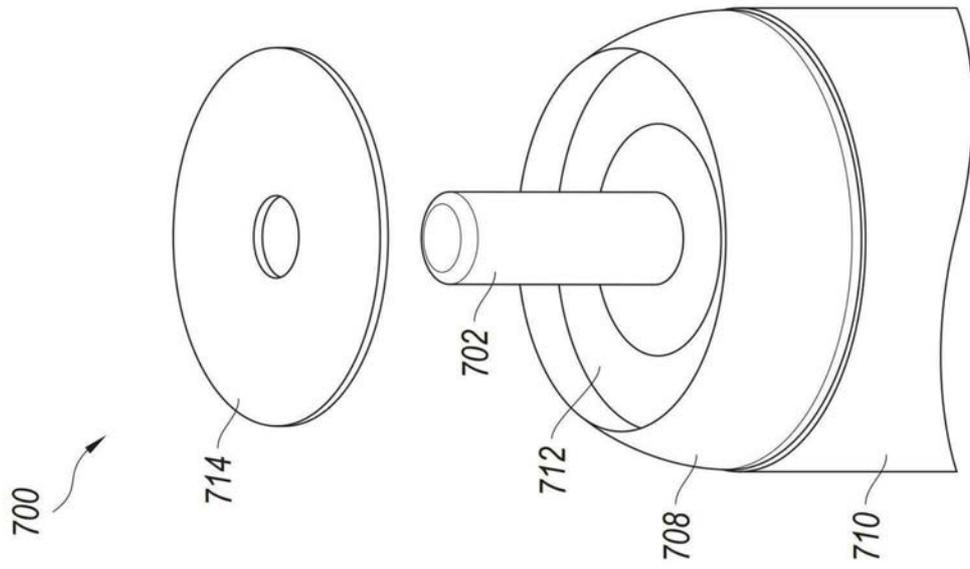


图7B

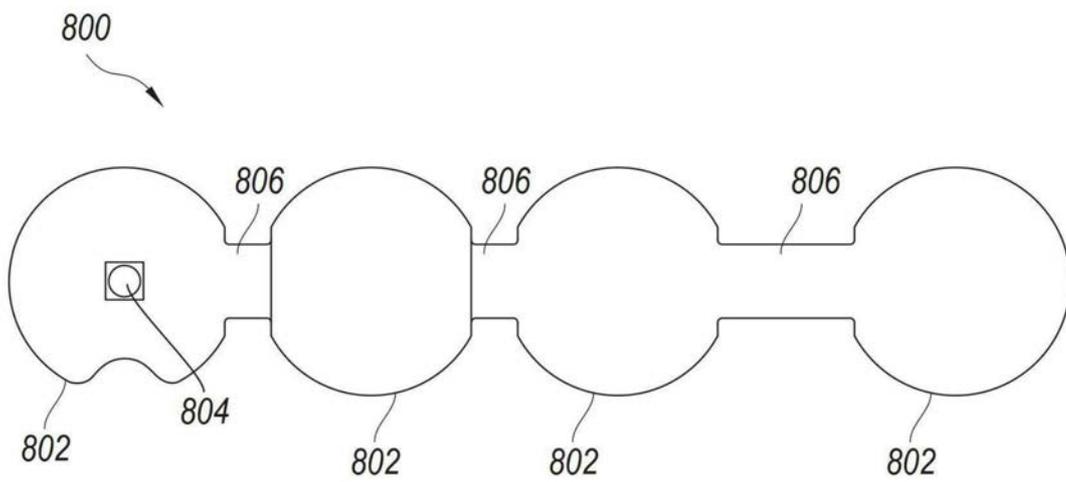


图8A

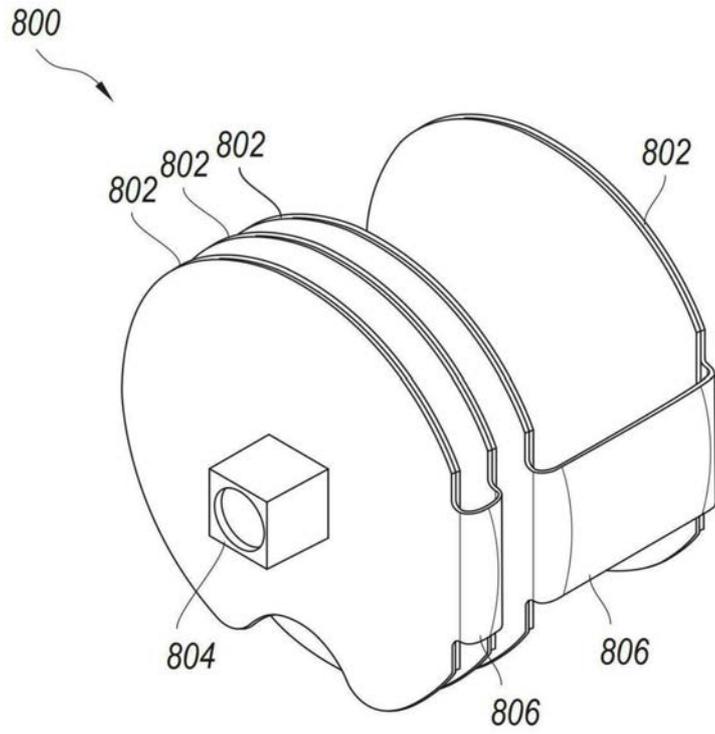


图8B

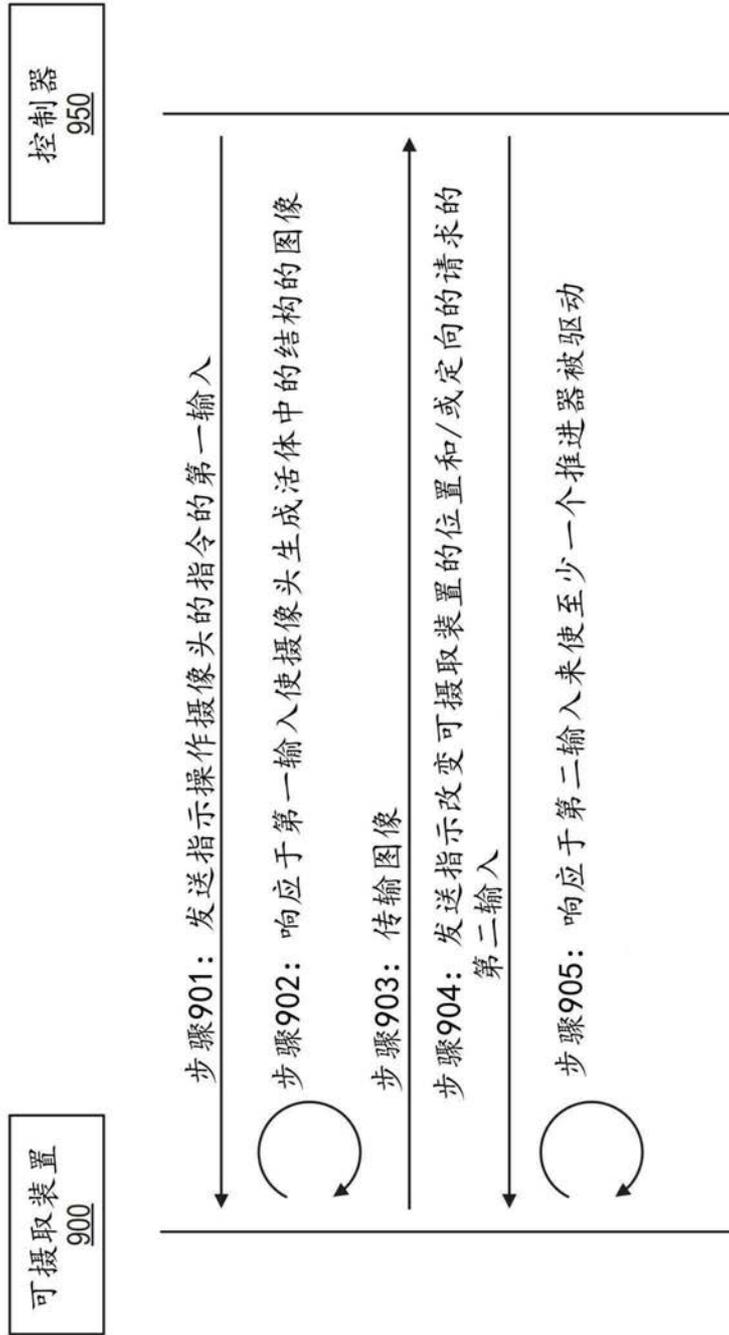


图9



图10



图11

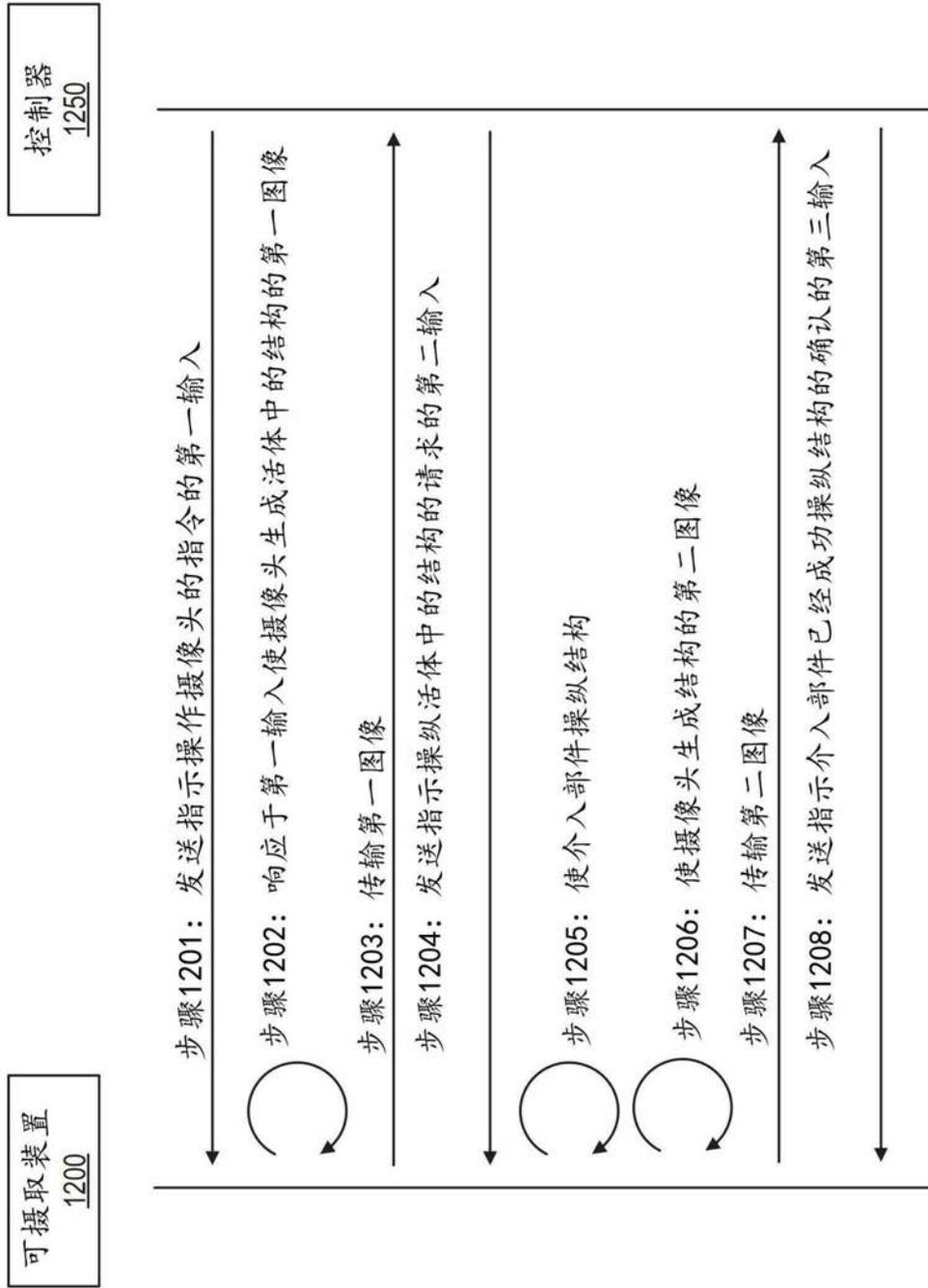


图12

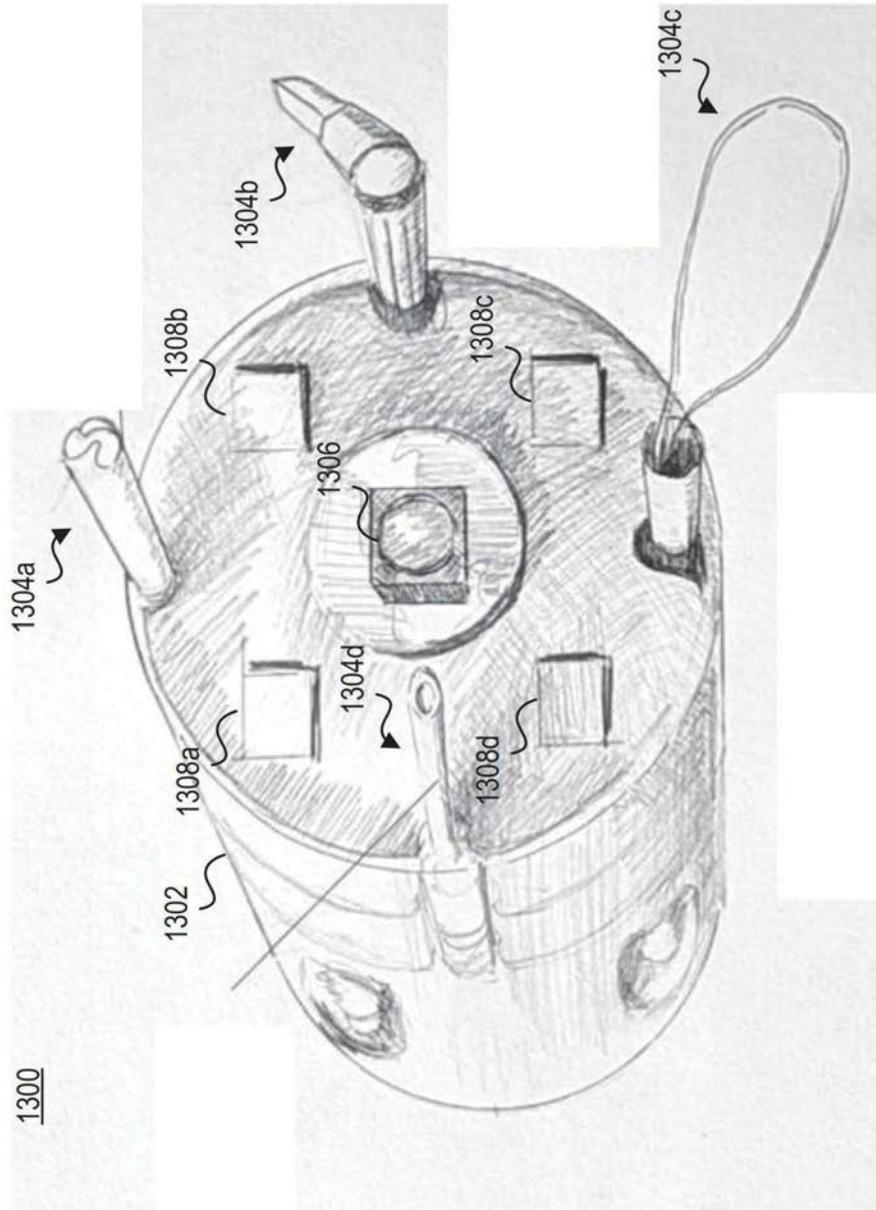


图13

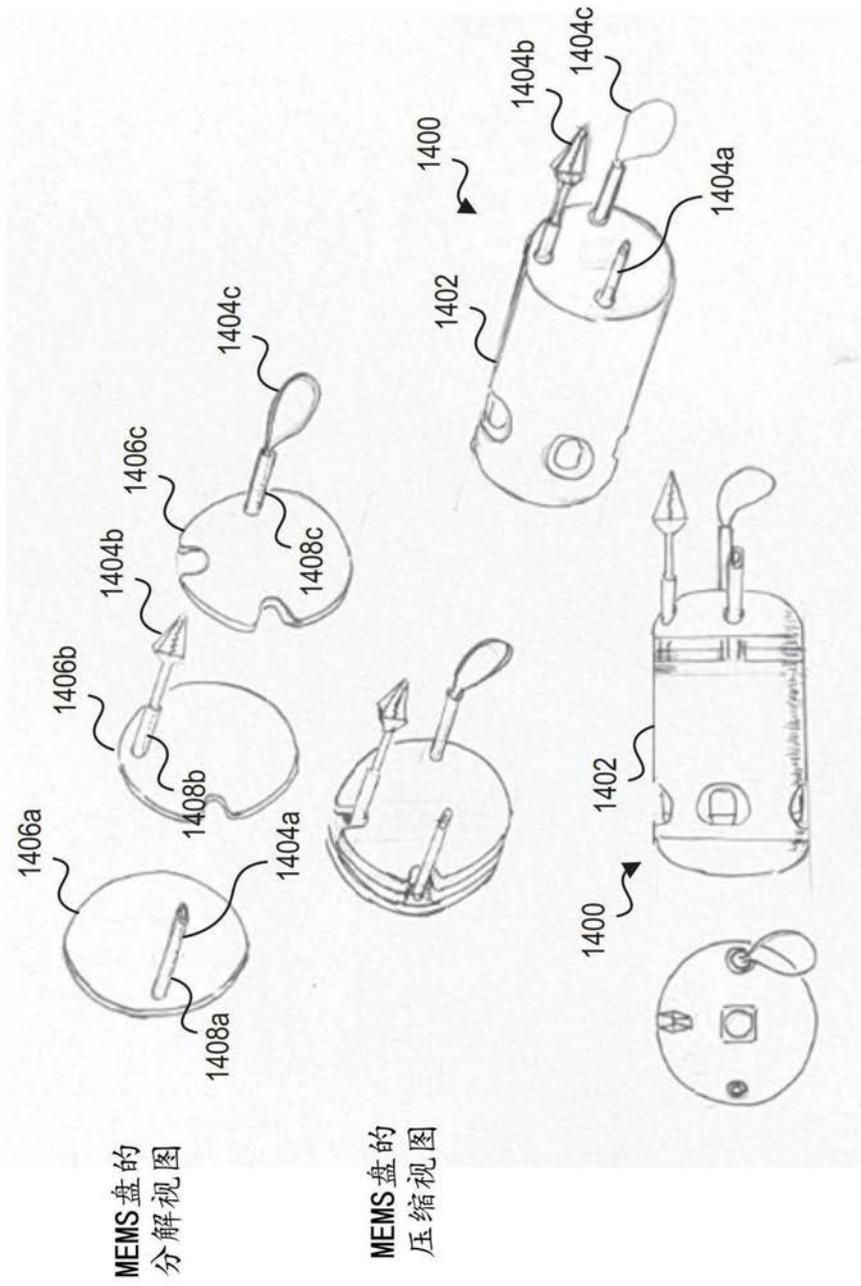


图14

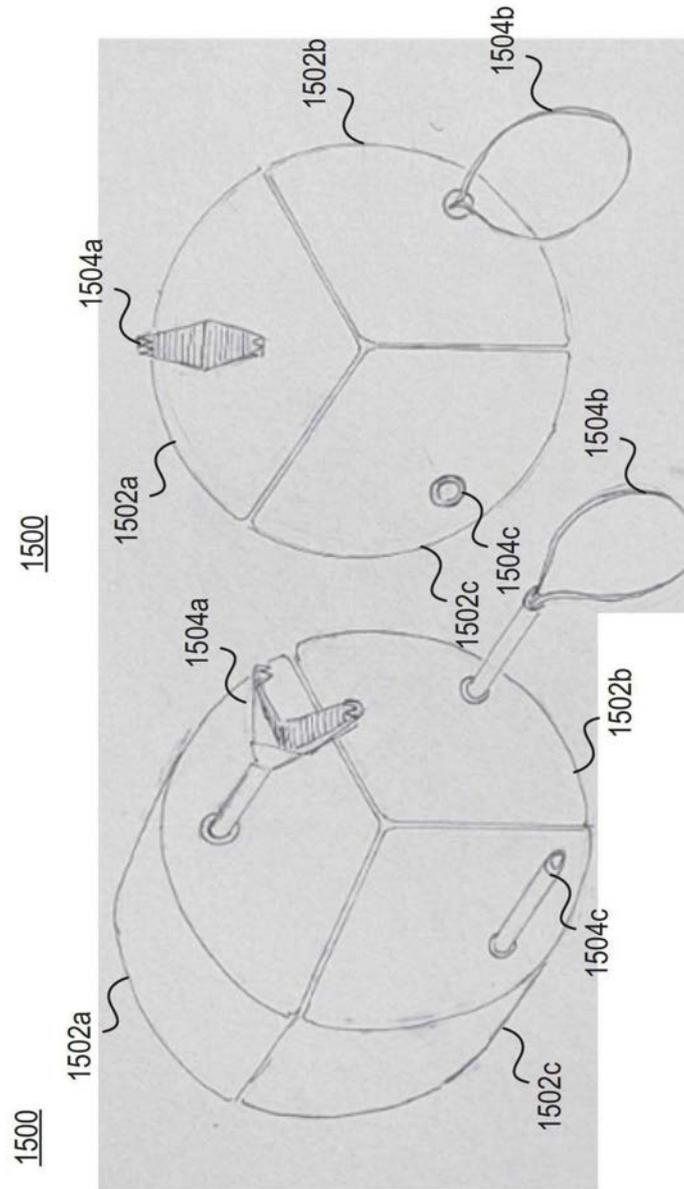


图15

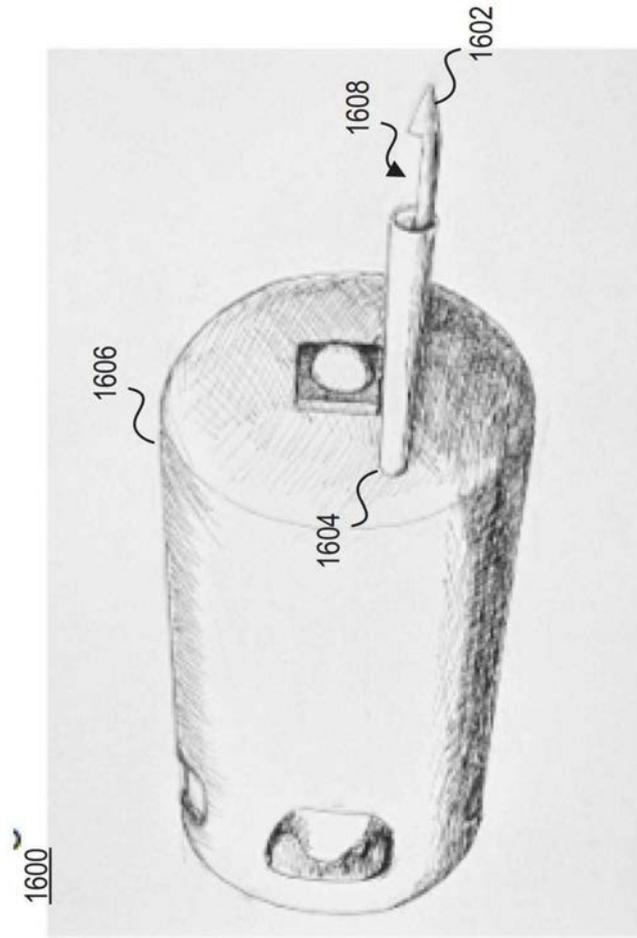


图16

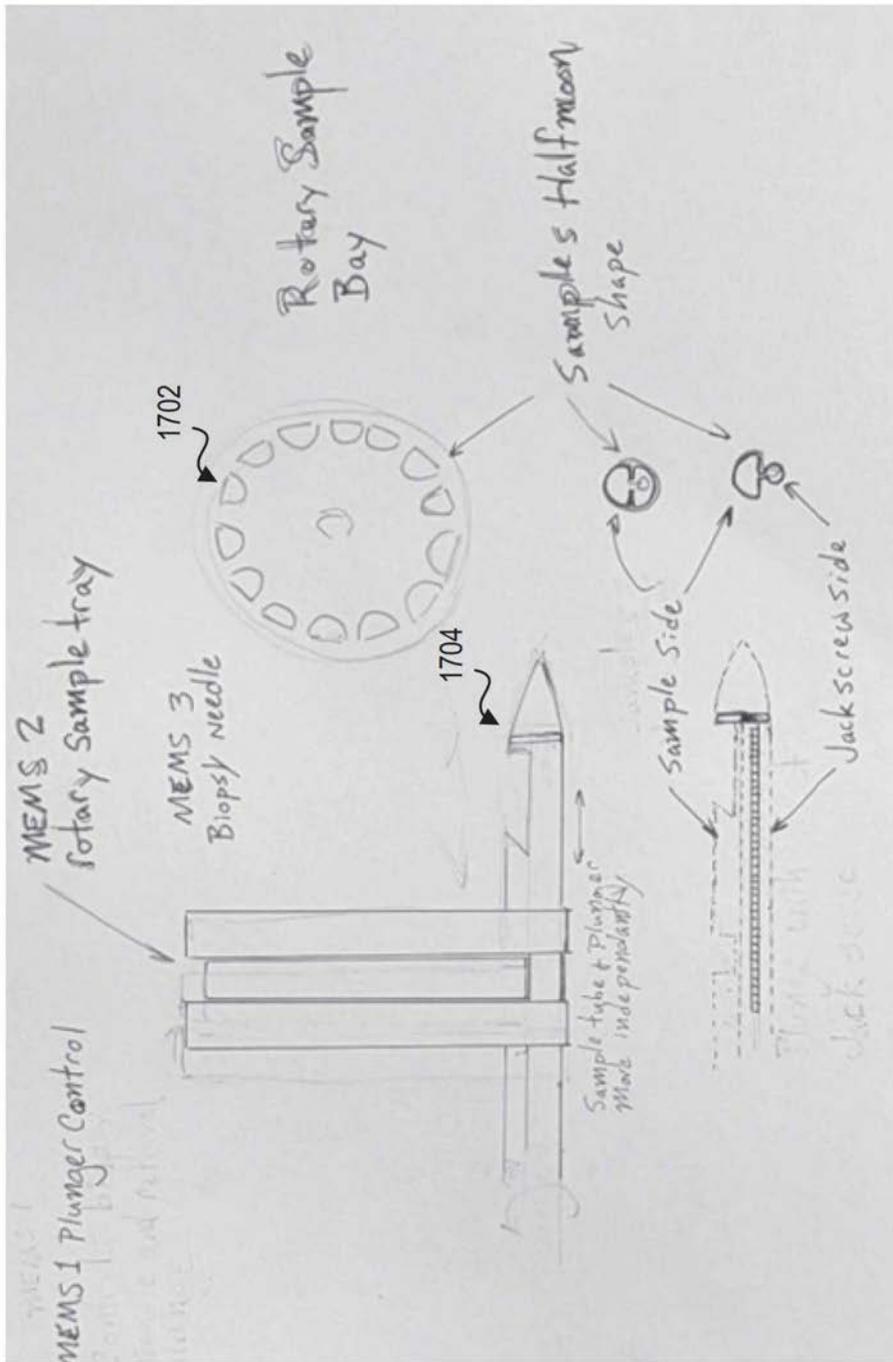


图17

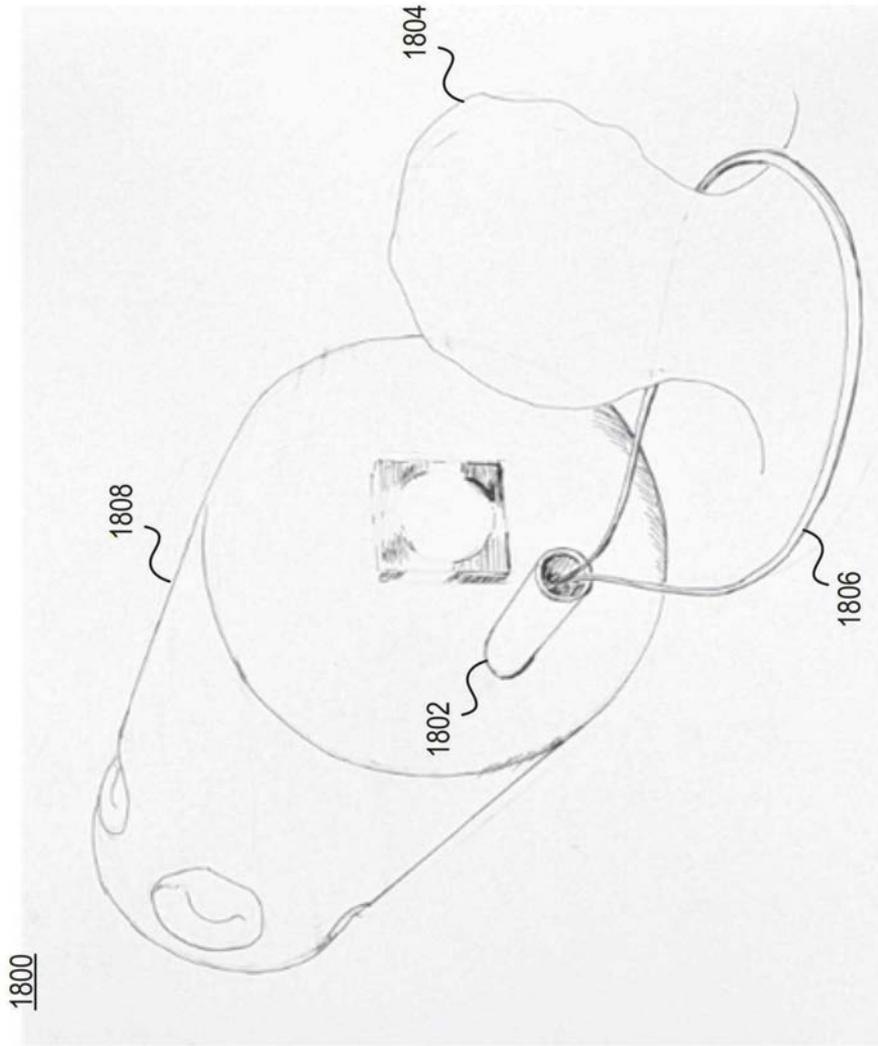


图18A

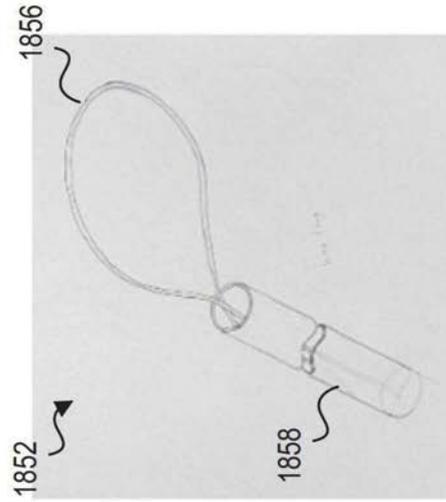


图18B

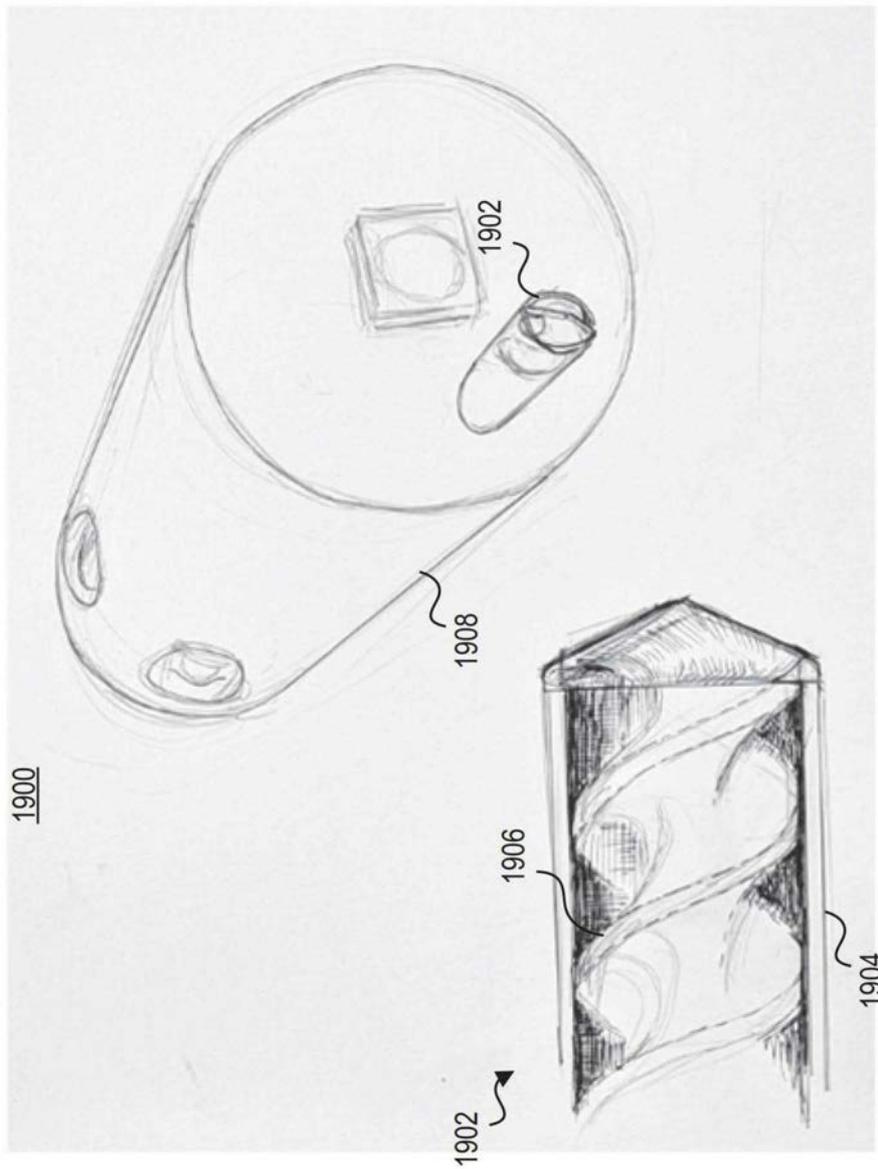


图19

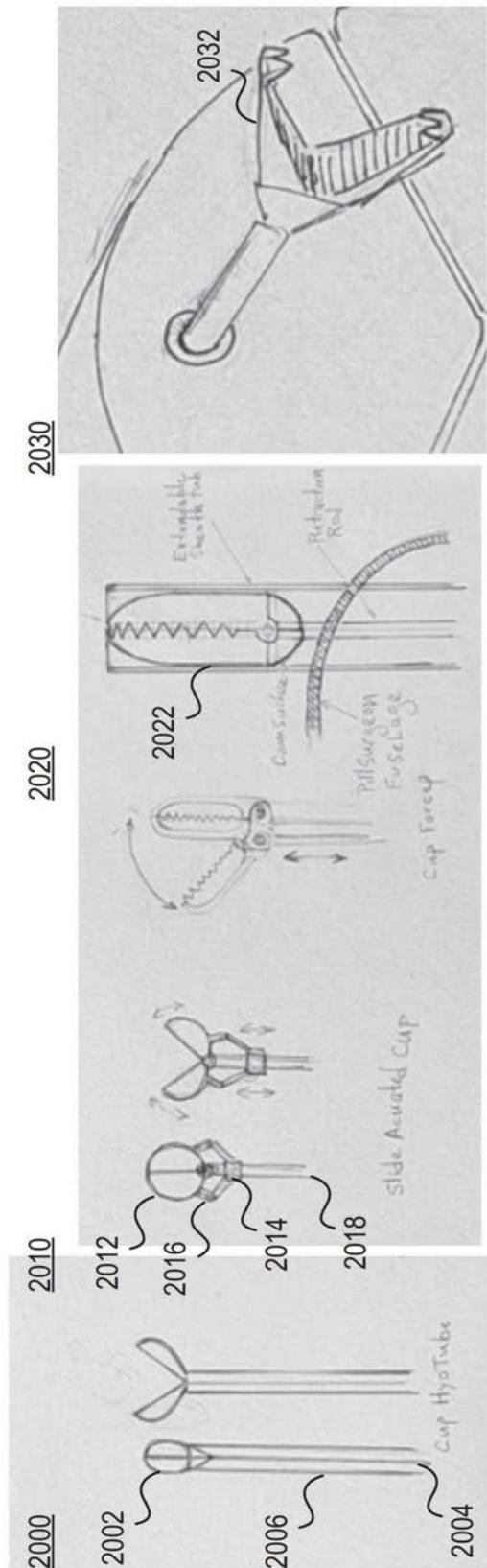


图20

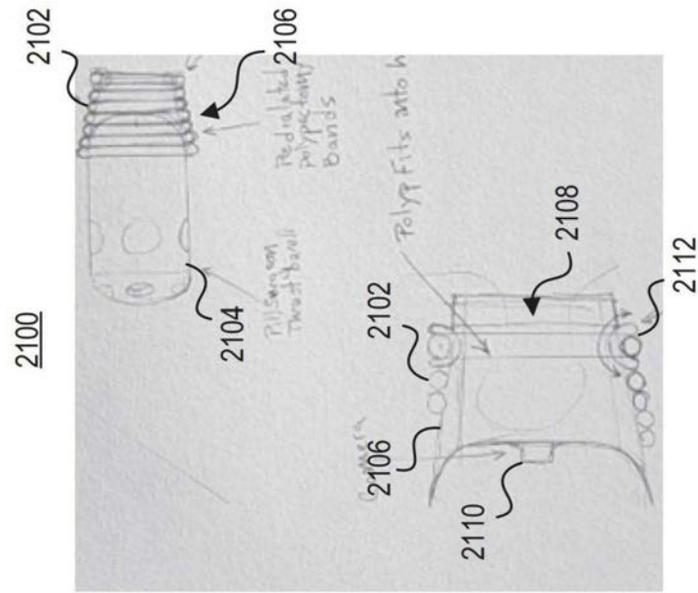


图21

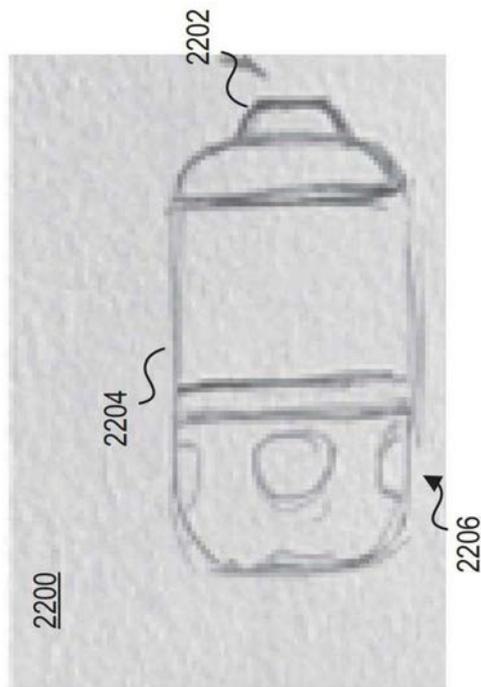


图22

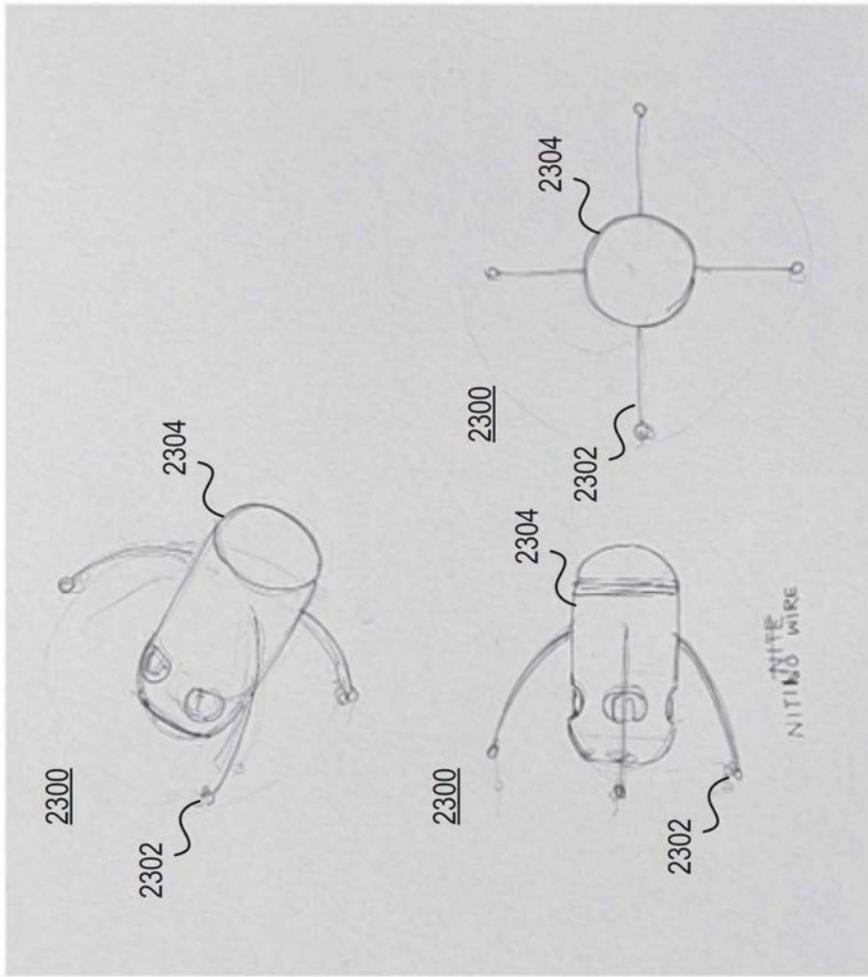


图23

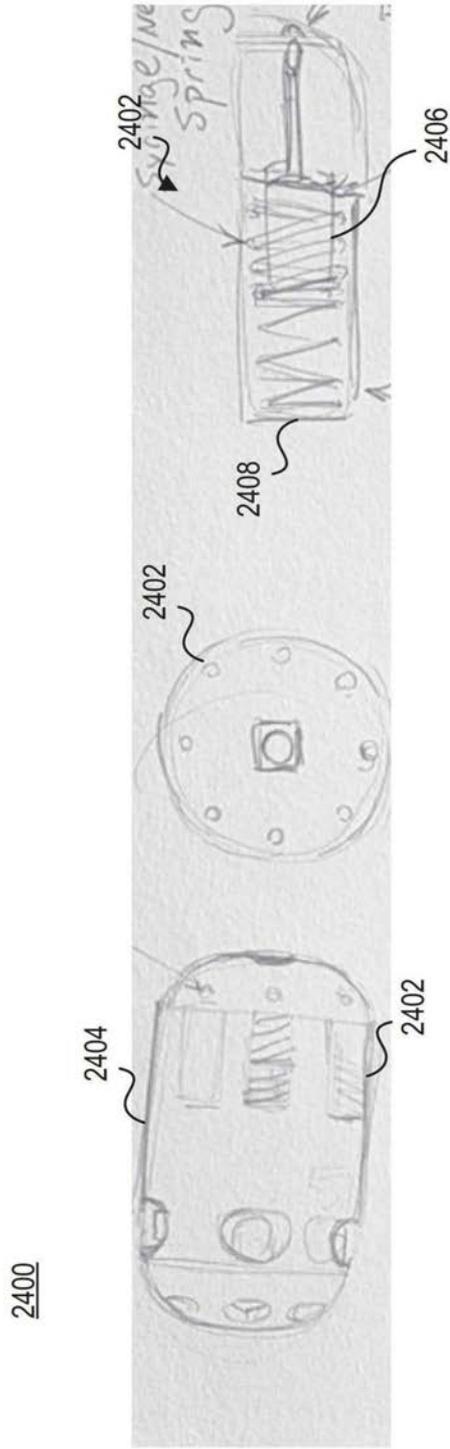


图 24B

图 24A

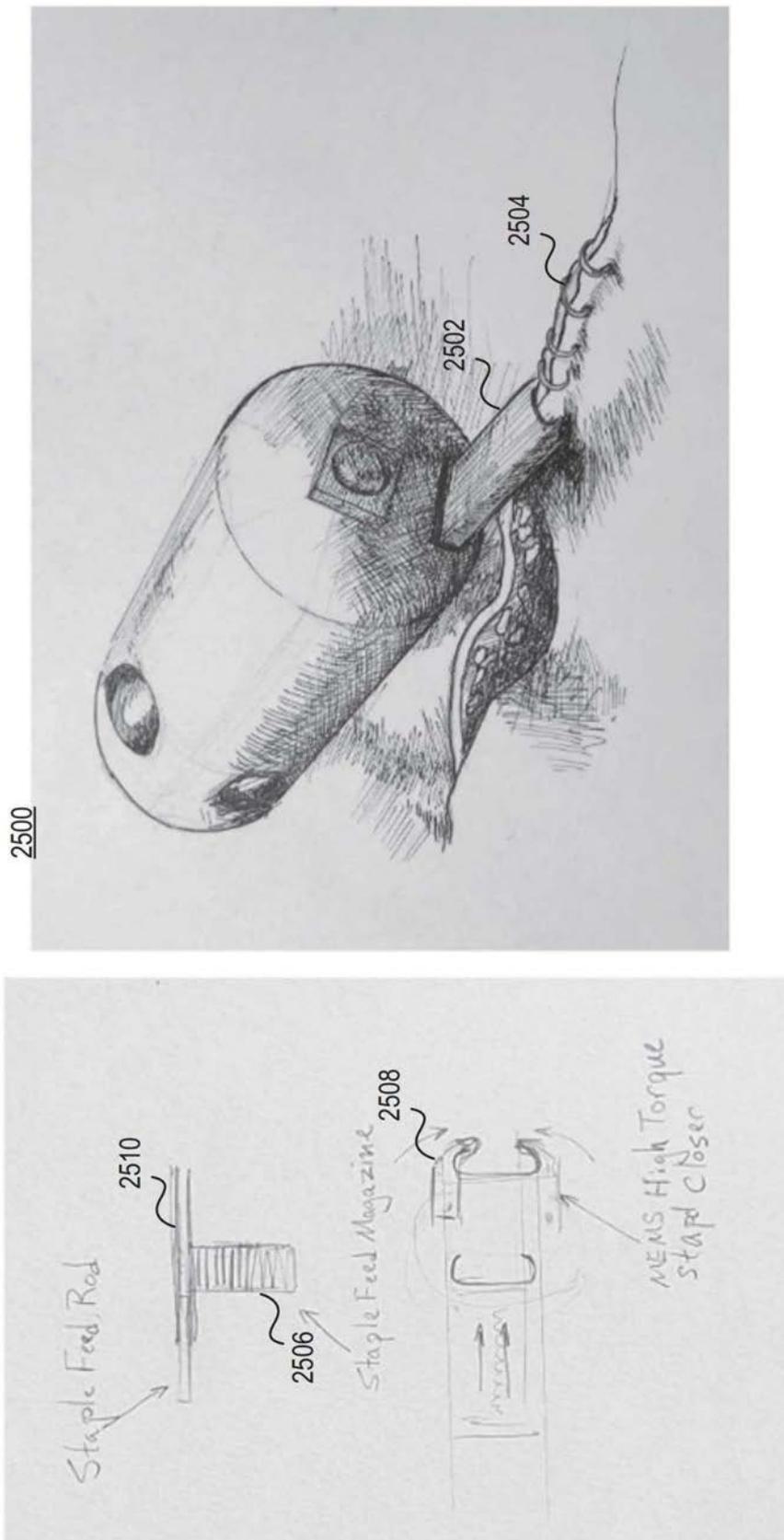


图25

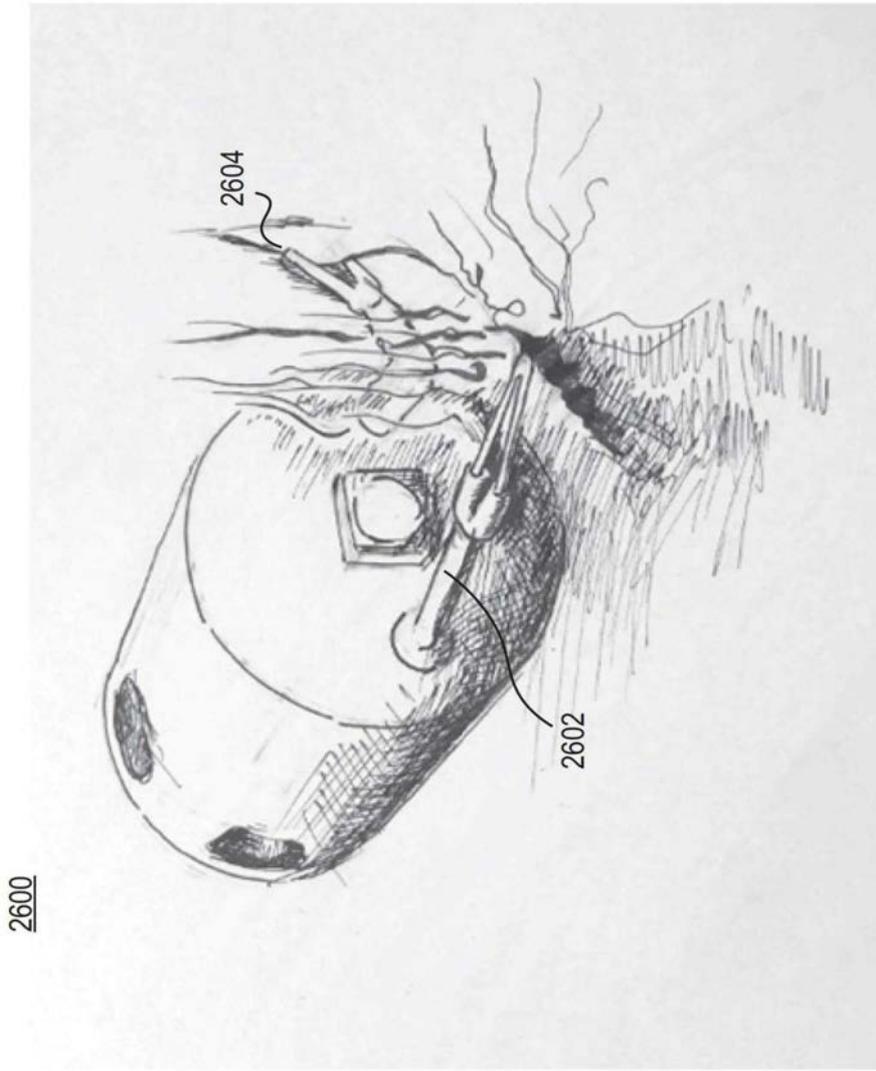


图26

2700

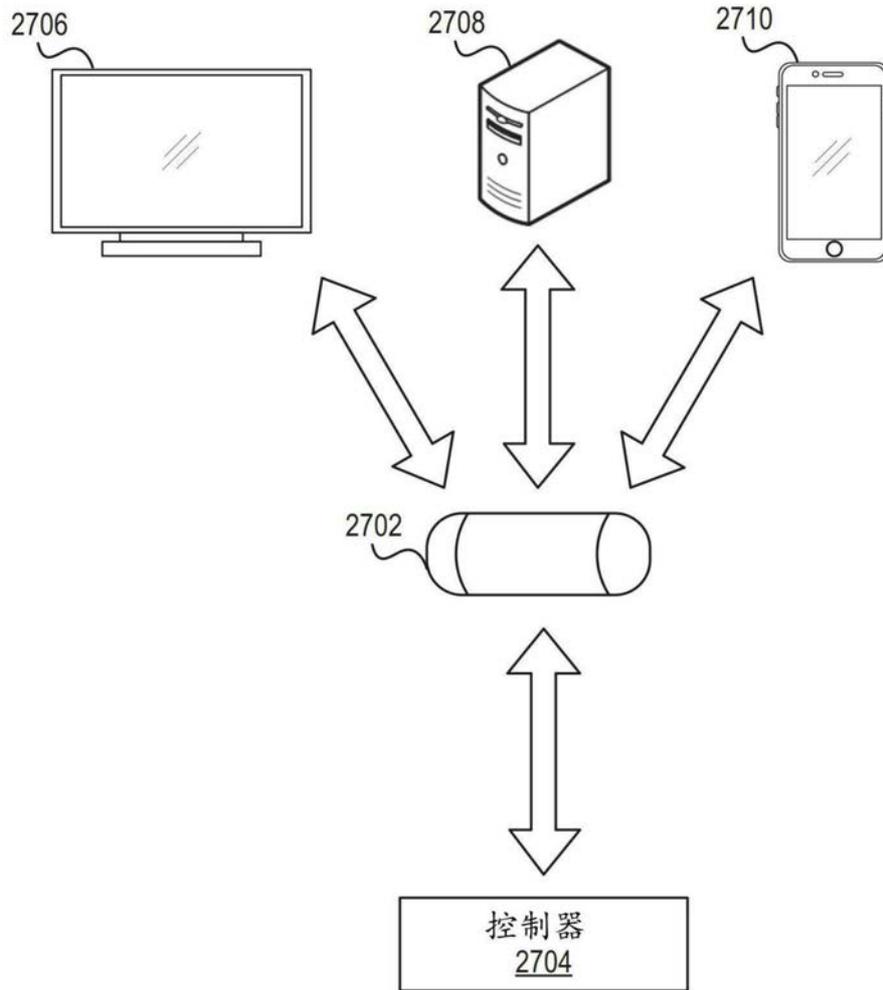


图27

2800

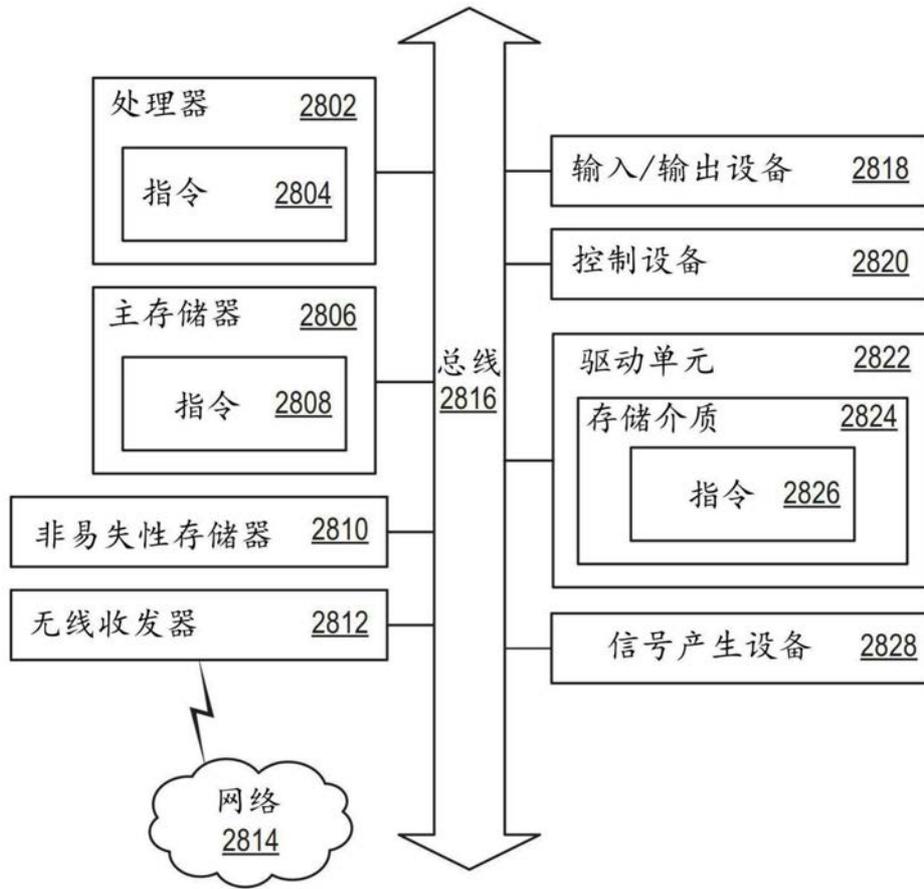


图28