

1. 一种力感测表面扫描系统(20),包括:

扫描机器人(41),其包括表面扫描末端执行器(43),所述表面扫描末端执行器在结构上被配置为生成指示由所述表面扫描末端执行器(43)施加到解剖器官的接触力的力感测数据;以及

表面扫描控制器(50),其在结构上被配置为控制由所述表面扫描末端执行器(43)对所述解剖器官的表面扫描,包括所述表面扫描末端执行器(43)生成所述力感测数据,

其中,所述表面扫描控制器(50)还在结构上被配置为响应于由所述表面扫描末端执行器(43)生成的所述力感测数据来构建所述解剖器官的术中体积模型,所述力感测数据指示所述解剖器官的定义的表面变形偏移。

2. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述术中体积模型是术中体积网格和术中体积图像中的一种。

3. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述表面扫描控制器(50)还在结构上被配置为根据粘弹性属性参数和扫描力参数来控制对所述表面变形偏移的操作者定义;

其中,所述粘弹性属性参数量化所述解剖器官的硬度;并且

其中,所述扫描力参数量化期望的接触力以用于将所述解剖器官的表面点数字化。

4. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述表面扫描控制器(50)还在结构上被配置为响应于由所述表面扫描末端执行器(43)生成的指示由所述表面扫描末端执行器(43)施加到所述解剖器官的操作者期望的接触力的所述力感测数据来控制对所述表面变形偏移的经验定义。

5. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),其中,所述表面扫描控制器(50)还在结构上被配置为至少以下之一:

定义通过所述解剖器官的术前分割体积模型的采样扫描路径;并且

定义具有通过所述解剖器官的表面的几何图案和随机图案中的至少一种的采样扫描路径。

6. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述采样扫描路径包括线采样扫描路径和点采样扫描路径中的至少一种。

7. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述表面扫描控制器(50)在结构上还被配置为根据所述解剖器官的所述定义的表面变形偏移来控制对所构建的解剖器官的术中体积模型的尺寸调整。

8. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述表面扫描控制器(50)在结构上还被配置为控制所述解剖器官的所述术中体积模型与所述解剖器官的术前分割体积模型的配准。

9. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述扫描机器人(41)是蛇形扫描机器人(41)。

10. 根据权利要求1所述的力感测表面扫描系统(20),

其中,所述表面扫描末端执行器(43)是工具指示器和超声腹腔镜中的一种。

11. 一种用于包括表面扫描末端执行器(43)的扫描机器人(41)的表面扫描控制器(50),所述表面扫描控制器(50)包括:

扫描命令器(133),其在结构上被配置为控制由所述表面扫描末端执行器(43)对所述解剖器官的表面扫描,包括所述表面扫描末端执行器(43)生成指示由所述表面扫描末端执行器(43)施加到所述解剖器官的接触力的力感测数据;以及

模型构建器(134),其在结构上被配置为响应于由所述表面扫描末端执行器(43)生成的所述力感测数据来构建所述解剖器官的术中体积模型,所述力感测数据指示所述解剖器官的定义的表面变形偏移。

12. 根据权利要求11所述的表面扫描控制器(50),

其中,所述模型构建器(134)在结构上还被配置为根据粘弹性属性参数和扫描力参数来控制对所述表面变形偏移的定义,

其中,所述粘弹性属性参数量化所述解剖器官的硬度;并且

其中,所述扫描力参数量化期望的接触力以用于将所述解剖器官的表面点数字化。

13. 根据权利要求11所述的表面扫描控制器(50),

所述表面扫描控制器(50),其中,所述模型构建器(134)还在结构上被配置为响应于由所述表面扫描末端执行器(43)生成的指示由所述表面扫描末端执行器(43)施加到所述解剖器官的操作者期望的接触力的所述力感测数据来控制对所述表面变形偏移的定义。

14. 根据权利要求11所述的表面扫描控制器(50),其中,所述表面扫描命令器(133)还在结构上被配置为至少以下之一:

定义通过所述解剖器官的术前分割体积模型的采样扫描路径;以及

定义具有通过所述解剖器官的表面的几何图案和随机图案中的至少一种的采样扫描路径。

15. 根据权利要求11所述的表面扫描控制器(50),

其中,所述模型构建器(134)还在结构上还被配置为根据所述解剖器官的所述定义的表面变形偏移来控制所构建的解剖器官的术中体积模型的尺寸调整。

16. 一种用于包括表面扫描末端执行器(43)的扫描机器人(41)的力感测表面扫描方法,所述力感测表面扫描方法包括:

表面扫描控制器(50)控制由扫描末端执行器(43)对解剖器官的表面扫描,包括所述表面扫描末端执行器(43)生成指示由所述表面扫描末端执行器(43)施加到解剖器官的接触力的力感测数据;以及

所述表面扫描控制器(50)响应于由所述表面扫描末端执行器(43)生成的所述力感测数据来构建所述解剖器官的术中体积模型,所述力感测数据指示所述解剖器官的定义的表面变形偏移。

17. 根据权利要求16所述的力感测表面扫描方法,还包括:

所述表面扫描控制器(50)根据粘弹性属性参数和扫描力参数来定义所述表面变形偏移,

其中,所述粘弹性属性参数量化所述解剖器官的硬度;并且

其中,所述扫描力参数量化期望的接触力以用于将所述解剖器官的表面点数字化。

18. 根据权利要求16所述的力感测表面扫描方法,还包括:

所述表面扫描控制器(50)响应于由所述表面扫描末端执行器(43)生成的指示由所述表面扫描末端执行器(43)施加到所述解剖器官的操作者期望的接触力的所述力感测数据

来控制对所述表面变形偏移的经验定义。

19. 根据权利要求16所述的力感测表面扫描方法,还包括:

所述表面扫描控制器(50)在所述解剖器官的术前分割体积模型上描绘采样扫描路径。

20. 根据权利要求16所述的力感测表面扫描方法,还包括:

所述表面扫描控制器(50)根据所述解剖器官的定義的表面变形偏移来控制所构建的解剖器官的术中体积模型的大小调整。

力感测表面扫描系统、设备、控制器和方法

技术领域

[0001] 本公开的发明总体涉及用于解剖器官(例如,肝、心脏、肺、脑、胃、脾、肾、胰、膀胱等)的表面扫描的系统、设备、控制器和方法,用于将解剖器官的术中表面扫描体积模型与解剖器官的术前图像分割体积模型进行配准的目的。

[0002] 本公开的本发明更具体地涉及通过将力感测技术实施到解剖器官的机器人辅助表面扫描中从而实现解剖器官的术中表面扫描体积模型与解剖器官的术前图像的体积模型的配准来改进这样的系统、设备、控制器和方法。

背景技术

[0003] 可以通过充气的腹壁中的单个切口来进行微创外科手术。因此,内窥镜图像提供了经由内窥镜到手术器械的视线以及(一个或多个)解剖器官的外表面的视线。(一个或多个)解剖器官的内部结构(例如血管,肿瘤等)通常通过二维(“2D”)腹腔镜超声(LUS)来可视化。然而,LUS在大的解剖学背景下难以解释,尤其是当图像异常被组织异常(例如肝硬化、脂肪结构等),先前的肿瘤治疗(例如热消融、经动脉栓塞等)和/或LUS与(一个或多个)解剖器官的不正确声学耦合掩盖时。为了改进术中信息,高质量的三维(“3D”)成像模态(例如,计算机断层扫描模态(CT),磁共振成像模态(MRI),锥形束CT(CBCT)等)可以将腹腔镜图像与腹腔镜图像融合,其中图像配准可以提供肿瘤位置深度、关键解剖结构领域、预定义的切除计划以及对外科手术有用的其他信息的知识。

[0004] 在本公开的技术中,几种基于表面的配准技术是已知的,用于将3D术前图像与术中身体空间融合。这些技术通过将3D术前图像分割出的解剖结构的表面与手术过程中采集的同一表面的稀疏表示进行匹配,从而估计图像到患者的变换矩阵。

[0005] 本领域已知的用于在外科手术过程中对(一个或多个)软组织解剖结构进行术中表面扫描的当前技术利用由外部位置测量系统(例如,光学跟踪、电磁跟踪等)或外部激光测距仪跟踪的预先校准的工具指示器,或内窥镜图像的3D多视图重建。然而,由于未知的组织特性和大的组织变形,这种术中表面扫描具有挑战性。

[0006] 更具体地说,使用跟踪的工具指示器进行精确的解剖结构扫描既耗时又高度依赖用户。工具校准和跟踪系统的不准确性、操作人员在保持恒定压力与与器官表面接触两者时引入的误差以及采集过程中软组织解剖结构的未知变形也阻碍了该方法的可重复性。

[0007] 另一方面,激光扫描方法需要外部激光测距仪,所述外部激光测距仪难以集成到微创手术套件中,并且由于器官表面的反射特性而不准确。

[0008] 此外,从内窥镜图像进行的多视图3D重建要求呈现独特特征或纹理的表面以及未被血液覆盖的表面。

发明内容

[0009] 为了改进用于在外科手术过程中对一个或多个软组织解剖结构进行术中表面扫描的表面扫描系统、设备、控制器和方法,本公开提供了用于基于对由扫描机器人的表面扫

描末端执行器施加到解剖器官的接触力的感测来构建解剖器官的术中扫描体积模型的发明,其中,接触力表示解剖器官的定义的表面变形偏移。

[0010] 本公开的发明的一个实施例是一种采用扫描机器人和表面扫描控制器的力感测表面扫描系统。

[0011] 扫描机器人包括表面扫描末端执行器,所述表面扫描末端执行器用于生成力感测数据,所述力感测数据指示由所述表面扫描末端执行器施加到解剖器官的接触力。

[0012] 采用所述表面扫描控制器以用于通过表面扫描末端执行器来控制对解剖器官的表面扫描,包括表面扫描末端执行器生成力感测数据,并且用于响应于由所述表面扫描末端执行器生成的所述力感测数据来构建解剖器官的术中体积模型,所述力感测数据指示所述解剖器官的定义的表面变形偏移。

[0013] 本公开的发明的第二实施例是采用扫描命令器(133)和模型构建器(134)的表面扫描控制器。

[0014] 采用扫描命令器(133)以用于通过表面扫描末端执行器来控制解剖器官的表面扫描,包括所述表面扫描末端执行器生成表示由所述表面扫描末端执行器施加到解剖器官的接触力的力感测数据。

[0015] 采用模型构建器(134)以用于响应于由所述表面扫描末端执行器生成的力感测数据来构建解剖器官的术中体积模型,所述力感测数据指示解剖器官的定义的表面变形偏移。

[0016] 本公开的发明的第三实施例是一种力感测表面扫描方法,所述方法包括由表面扫描控制器控制由表面扫描末端执行器对剖器官的表面扫描,包括表面扫描末端执行器生成力感测数据,所述力感测数据提供由表面扫描末端执行器施加到解剖器官的接触力的信息。

[0017] 所述力感测表面扫描方法还包括表面扫描控制器响应于由所述表面扫描末端执行器生成的力感测数据来构建解剖器官的术中体积模型,所述力感测数据指示所述解剖器官的定义的表面变形偏移。

[0018] 出于描述和要求保护本公开的发明的目的:

[0019] (1) 应当理解,本公开的领域中的术语,包括但不限于,“成像模态”、“扫描机器人”和“末端执行器”,应该如本公开的领域中已知的并且在本文中示例性地描述地来理解;

[0020] (2) 术语“力感测表面扫描系统”广泛地涵盖所有表面扫描系统,如本公开内容的技术领域以及下文构思的那样,并入本公开内容的发明原理以将力感测技术实现到机器人辅助的对剖器官的表面扫描中。已知的表面扫描系统的示例包括但不限于飞利浦增强现实手术导航系统,基于飞利浦L10-4lap线性换能器的系统,带有用于表面数字化的导航指示器工具的BrainLab颅内导航以及Pathfinder手术导航系统;

[0021] (3) 术语“力感测表面扫描方法”广泛地涵盖所有表面扫描方法,如本公开内容的技术领域以及下文构思的那样,并入本公开内容的发明原理以将力感测技术实现到机器人辅助的对剖器官的表面扫描中。已知的表面扫描方法的非限制性实例是Philips Pinnacle3;

[0022] (4) 术语“控制器”广泛地涵盖用于控制本公开的各种发明原理的应用的专用主板或专用集成电路的所有结构配置,所述应用涉及监测解剖内腔内的介入设备的折叠和/或

扭曲,如随后在本文中示例性描述的。控制器的结构配置可以包括但不限于,(一个或多个)处理器、(一个或多个)计算机可用/计算机可读存储介质、操作系统、(一个或多个)应用模块,(一个或多个)外围设备控制器、(一个或多个)接口、(一个或多个)总线、(一个或多个)槽和(一个或多个)端口。本文中针对术语“控制器”的标签“成像”、“机器人”和“表面扫描”出于识别的目的而将特定控制器与本文所述和要求保护的其他控制器区分开,而没有指定或暗示对术语“控制器”的任何其他限制。

[0023] (6) 术语“应用模块”广泛地涵盖控制器的部件,其包括用于执行特定应用的电子电路和/或可执行程序(例如,存储在(一个或多个)非瞬态计算机可读介质上的可执行软件和/或固件);本文中针对术语“模块”的标签“扫描命令器”、“模型构建器”“模型配准器”和“模型融合器”出于识别的目的而将特定模块与本文所述和要求保护的其他模块区分开来,而不指定或暗示对术语“应用模块”的任何附加限制;并且

[0024] (7) 术语“数据”和“命令”广泛地涵盖如本公开的领域中所理解的以及本文中示例性描述的用于传递信息和/或指令以支持应用如本文中随后描述的本公开的各种发明原理的所有形式的可检测物理量或脉冲(例如,电压、电流或磁场强度)。本公开的部件之间的数据/命令通信可以涉及任何通信方法,如本公开的领域中已知的并且在下文中构思的,包括但不限于,任何类型的有线或无线介质/数据链路上的数据/命令发送/接收,以及上传到计算机可用/计算机可读存储介质的数据/命令的读取。

[0025] 结合随附附图阅读,根据对本公开的发明的各种实施例的详细描述,本公开的发明的前述实施例和其他实施例以及本公开的发明的各种特征和优点将变得更加明显。详细描述和附图仅是本公开的发明的例示而非限制,本公开的发明的范围由所附权利要求及其等价方案限定。

附图说明

[0026] 图1A图示了根据本发明的发明原理的力感测表面扫描方法的示例性实施例。

[0027] 图1B图示了根据本发明的发明原理的力感测表面扫描系统的示例性实施例。

[0028] 图2A和2B图示了根据本公开的发明原理的示例性扫描路径规划。

[0029] 图3A-3C图示了根据本公开的发明原理的通过表面扫描末端执行器对解剖器官的示例性表面扫描。

[0030] 图4图示了根据本公开的发明原理的图1B的力感测表面扫描系统的示例性实施例。

[0031] 图5图示了表示根据本公开的发明原理的图1A的力感测表面扫描方法的示例性实施例的流程图。

[0032] 图6A-6F图示了根据本公开的发明原理的通过指示器工具对解剖器官的示例性表面扫描。

[0033] 图7A至图7F示出了根据本公开的发明原理的通过超声腹腔镜对解剖器官的示例性表面扫描。

具体实施方式

[0034] 作为对用于在外科手术过程中对(一个或多个)软组织解剖器官进行术中表面扫

描的已知表面扫描系统、设备、控制器和方法的改进,本公开提供了用于基于对由扫描机器人的表面扫描末端执行器施加到解剖器官的接触力的感测来构建解剖器官的术中扫描体积模型的发明,其中,所述接触力指示解剖器官的定義的表面变形偏移。

[0035] 为了促进对本公开的各种发明的理解,以下对图1A和图1B的描述将教导了根据本公开的发明原理的力感测表面扫描方法10和力感测表面扫描系统20的实施例。从该描述中,本领域普通技术人员将理解如何根据本公开的发明原理来实践力感测表面扫描方法和力感测表面扫描系统的各种实施例。

[0036] 同样从该描述中,本领域普通技术人员将理解本公开的力感测表面扫描方法和力感测表面扫描系统在支持利用术前成像和术中成像的融合的外科手术中的应用。这种外科手术的示例包括但不限于心胸外科手术、前列腺切除术、脾切除术、肾切除术和肝切除术。

[0037] 参考图1B,力感测表面扫描系统20采用体积成像模态30、机器人系统40和表面扫描控制器50。

[0038] 体积成像模态31是如本公开的领域中已知的用于生成解剖区域的术前体积图像的成像模态(例如,计算机断层摄影成像,磁共振成像,超声成像模态,正电子发射断层摄影成像,以及对胸部区域、颅骨区域、腹部区域或骨盆区域进行的单光发射计算机断层摄影成像)。

[0039] 机器人系统40使用扫描机器人41、机器人控制器42、表面扫描末端执行器43和超声成像末端执行器44。

[0040] 扫描机器人41是在本公开的技术领域中或在下文中构思的任何类型的机器人,其在结构上被配置为或在结构上可配置有在执行外科手术过程中使用的一个或多个末端执行器。此外,扫描机器人41配备有如本公开领域中已知的姿态跟踪技术和力感测技术。

[0041] 在一个示例性实施例中,扫描机器人41是蛇形扫描机器人,蛇形扫描机器人装备有嵌入在蛇形扫描机器人的每个关节中的旋转编码器,如本公开的领域中已知的,用于跟踪蛇形扫描机器人的姿态,并且还装备有用于感测蛇形扫描机器人的末端执行器与解剖器官之间的接触力的力传感器、压力传感器或光纤,如本公开的领域中已知的。

[0042] 机器人控制器42根据由表面扫描控制器50发出的机器人位置命令55,在相关坐标系内控制扫描机器人41的姿态,如本公开的领域中已知的。

[0043] 表面扫描末端执行器43用于构建根据本公开的发明原理的解剖区域的术中扫描体积模型15,如将在本文中进一步解释的。在实践中,表面扫描末端执行器43可以是在其上具有校准扫描参考的任何类型的末端执行器,如本公开的领域中已知的。在示例性实施例中,表面扫描末端执行器43可以包括保持工具指示器的安装座,所述工具指示器具有球形远侧尖端,用作经校准的扫描基准,或者可以包括保持超声腹腔镜的安装座,所述超声腹腔镜具有作为经校准的扫描基准的超声换能器。

[0044] 外科手术成像末端执行器44用于在术中对解剖器官内的外表面和/或内部结构成像,以支持本公开中已知的外科手术流程。在示例性实施例中,外科成像末端执行器44可以是超声腹腔镜,其还可以用作表面扫描末端执行器43。

[0045] 在实践中,表面扫描末端执行器43被安装在扫描机器人41上,其中机器人控制器42根据来自表面扫描控制器50的机器人位置命令55控制扫描机器人41,以实施如图1中所示的力感测表面扫描方法10的机器人表面扫描12,如将在本文中进一步解释。随后,将外科

成像末端执行器44安装在扫描机器人41上,其中,机器人控制器42在外科手术过程中根据来自机器人系统40的操作者的交互或规划的命令来控制扫描机器人41。

[0046] 替代地,在实践中,表面扫描末端执行器43被固定到扫描机器人41,其中机器人控制器42根据来自表面扫描控制器50的机器人位置命令55来控制扫描机器人41,以实施如图1中所示的力感测表面扫描方法10的机器人表面扫描12,如将在本文中进一步解释。随后,将外科成像末端执行器44固定在或安装在额外的扫描机器人41上,其中机器人控制器42在外科手术过程中根据来自机器人系统40的操作者的交互或规划的命令来控制所述额外的扫描机器人41。

[0047] 表面扫描控制器50控制本公开的力感测表面扫描方法10(图1A)的实施,如将在本文中描述的。

[0048] 参考图1A和1B,力感测表面扫描方法10包括扫描路径计划阶段11、机器人表面扫描阶段12和体积模型配准阶段13。

[0049] 在方法10的路径规划阶段11之前,如本公开的领域中已知的,操作成像控制器30以通过体积成像模态31控制解剖区域的术前体积图像的生成(例如,计算机断层摄影成像,磁共振成像,超声成像模态,正电子发射断层成像和胸部区域、颅骨区域、腹部区域和骨盆区域的单光发射计算机断层摄影成像)。

[0050] 方法10的路径规划阶段11包括通过本公开领域中已知的任何通信技术(例如,数据上传或数据流)将表示解剖器官的术前体积图像的体积图像数据14传送至表面扫描控制器50。表面扫描控制器50处理体积图像数据14,以生成解剖区域内的解剖器官的术前图像分割体积模型15,如本公开的领域中已知的(例如,肝、心脏、血管肺、脑、胃、脾、肾、胰腺、膀胱等的分割体积模型)。

[0051] 替代地,成像控制器30可以处理体积图像数据14以生成解剖器官的术前图像分割的体积模型15,如本公开的领域中已知的,其中,方法10的路径计划阶段11包括通过本公开领域中已知的任何通信技术(例如,数据上传或数据流)将解剖器官的术前图像分割的体积模型15传送给表面扫描控制器50。

[0052] 方法10的路径计划阶段11还包括表面扫描控制器50运行扫描路径计划51,所述扫描路径计划51包括沿解剖器官的术前图像分割的体积模型15的一个或多个节段或整个表面的路径的定义,如在本公开的领域中已知的那样。

[0053] 在扫描路径计划51的一个实施例中,表面扫描控制器50如本公开的本领域中已知的那样在解剖器官的术前图像分割的体积模型15上实施操作者或系统对线采样扫描路径的描绘,包括表面扫描末端执行器43沿着一条或多条线在解剖器官的术前图像分割的体积模型15的表面节段或整个表面上行进时表面扫描末端执行器43与解剖器官之间的连续接触。

[0054] 例如,图2A示出了线采样扫描路径15a的示例性描绘,线采样扫描路径15a包括穿过肝脏的术前图像分割体积模型的表面的多条线。在实践中,线路可以如图所断连接,也可以通过路径15a的操作者或系统勾画而进行任意程度的连接。

[0055] 替代地,在实践中,可以独立于术前图像分割体积来定义线采样扫描路径。例如,线采样扫描路径可以被定义为几何图案(例如,螺旋形图案、锯齿形图案等)或随机图案(例如,白噪声采样方案)或其组合。

[0056] 在扫描路径计划51的第二实施例中,表面扫描控制器50如本公开的本领域中已知的那样在解剖器官的术前图像分割的体积模型15上实施操作者或系统执行对点采样扫描路径的描绘,涉及表面扫描末端执行器42在解剖器官的术前图像分割的体积模型15的表面节段或整个表面上行进时表面扫描末端执行器43与解剖器官之间的周期性接触。

[0057] 例如,图2B示出了点采样扫描路径15b的示例性描绘,所述点采样扫描路径15b包括在肝脏的术前图像分割体积模型的表面上标记的多个点。在实践中,如由操作者或系统对路径15b的描绘所设计的,这些点可以按所示的均匀的模式或不均匀的模式排列。

[0058] 替代地,在实践中,可以独立于术前图像分割体积来定义点采样扫描路径。例如,线采样扫描路径可以被定义为几何图案(例如,螺旋形图案、锯齿形图案等)或随机图案(例如,白噪声采样方案)或其组合。

[0059] 进一步在实践中,扫描路径计划51还可以包括在解剖器官的术前图像分割体积模型15上描绘的线采样扫描路径和点采样扫描路径的任何组合。

[0060] 另外,在实践中,对于表面扫描控制器50可以省略扫描路径计划51,或者对于特定过程,表面扫描控制器50不使用扫描路径计划51。在这种情况下,系统20的操作者可以在实施操作者定义的采样扫描路径时控制扫描机器人41的导航。

[0061] 仍参考图1A和1B,方法10的机器人表面扫描阶段12包括在解剖器官附近的对表面扫描末端执行器43的图像引导,其中,操作表面扫描控制器50以向机器人控制器42发出机器人位置命令55以根据在解剖器官的术前图像分割体积模型15上描绘的规划的采样扫描路径来控制对外科扫描末端执行器43相对于解剖器官的导航。

[0062] 更具体地,为了促进根据本公开的发明原理的模型配准53,如将在本文中进一步描述的,机器人系统40将表面感测数据16传送到表面扫描控制器50,其中,表面扫描控制器50实施根据本公开的发明原理的解剖器官的术中体积模型17的模型构建52,如本文将进一步描述。

[0063] 更具体地,表面感测数据16包括由机器人控制器42传送至表面扫描控制器50的机器人位置数据45,其中,机器人位置数据45指示扫描机器人41在配准到解剖器官或术前分割体积模型的坐标系内的当前姿态,如本公开领域中已知的。

[0064] 表面感测数据16还包括力感测数据46,所述力感测数据46指示由表面扫描端部执行器43施加到解剖器官的接触力,并且对于表面扫描端部执行器43的成像实施例,表面感测数据16还包括表示解剖图像的当前图像切片的扫描图像数据47。

[0065] 表面扫描控制器50处理机器人位置数据45、力感测数据46和扫描图像数据47(如果适用的话),以基于经历由扫描表面末端致动器引起小的形变(例如,以纳米为单位的组织变形)的解剖器官的软组织的物理行为来构建解剖器官的术中体积模型17。

[0066] 具体地,模型构建52以如下假设为前提:在轻微变形下解剖器官的软组织物理行为为既具有线性弹性并且是一维的。在这种情况下,可以使用公式 $u=f/k$ 来计算未变形的解剖组织和变形的解剖组织之间的偏移,其中, u 是组织位移(偏移), f 是表面扫描末端执行器43与变形的解剖组织之间的感测的接触力,并且 k 是描述解剖器官的粘弹性属性的参数。

[0067] 根据该假设,模型构建52涉及指定定义的扫描力参数 f_{DC} 和定义的粘弹性属性参数 k ,其中,可以计算表面变形偏移量 u_{SD0} 以支持解剖器官的术中体积模型17的构建,如本文将进一步解释的。

[0068] 在模型构建52的一个实施例中,表面扫描控制器50的操作者经由输入设备和/或图形接口来将粘弹性属性参数 k 提供或选择为表示对象解剖器官的粘弹性属性的恒定值,并且进一步提供或选择扫描解剖器官的表面的扫描力参数 f_{DC} (例如,以兆牛顿为单位的接触力)。从提供的/选择的粘弹性属性参数 k 和扫描力参数 f_{DC} 来计算表面变形偏移量 u_{SD0} ,以支持解剖器官的术中体积模型17的构建。

[0069] 替代地,本公开认识到在变形下解剖器官的软组织的粘弹性行为可能是非常复杂的过程。首先,可以通过多维矩阵描述任何不均匀分布的力的粘弹性属性参数,所述矩阵考虑了力的方向和表面的拓扑。第二,变形的线性仅对于非常小的变形(例如,纳米级)才成立。第三,由于组织异常或由于患者特定的解剖特征,解剖器官的软组织的粘弹性属性参数 k 可能是未知的。因此,在模型构建52的第二实施例中,根据经验定义表面变形偏移量 u_{SD0} ,如将在本文中进一步解释的。

[0070] 仍参考图1A和1B,当表面扫描控制器50根据在解剖器官的术前图像分割体积模型15上所描绘的规划的采样扫描路径来控制手术扫描末端执行器43相对于解剖器官的导航时,方法10的机器人表面扫描阶段12还包括表面扫描控制器50记录扫描表面末端执行器43的校准扫描参考的每个位置,所述位置对应于表面扫描末端执行器43施加给解剖器官的等于扫描力参数 f_{DC} 的接触力,在实践中,等于扫描力参数 f_{DC} 的感测接触形式可以以可接受的误差范围来实施。

[0071] 在假定数字化模型点的每个记录位置的均匀变形偏移的假设下,扫描表面末端执行器43的校准的扫描参考的每个记录的位置被认为是适合于生成解剖器官的稀疏点云表示的数字化模型点。

[0072] 在实践中,如将在本文中进一步解释的,鉴于对应于由扫描表面末端执行器43所施加到解剖器官等于扫描力参数 f_{DC} 的接触力的、表面扫描末端执行器43的校准扫描参考的位置的子集,还鉴于未能对应于由扫描表面末端执行器43所施加到解剖器官等于扫描力参数 f_{DC} 的接触力的、表面扫描末端执行器43的校准扫描参考的位置的子集,线采样扫描路径生成解剖器官的稀疏点云表示。

[0073] 同样在实践中,如本文将进一步解释的那样,点采样扫描路径基于解剖器官的术前图像分割体积模型15上的点的空间描绘来生成解剖器官的稀疏点云表示。

[0074] 对于扫描表面末端执行器43的非成像实施例,方法10的机器人表面扫描阶段12还包括表面扫描控制器50,所述表面扫描控制器50将术中体积模型17构建为经由任何风格构建技术从稀疏点云表示创建的网格,如本公开的领域中已知的(例如,De launay三角剖分)。

[0075] 由于定义的变形偏移,出于配准的目的,网格将具有与解剖器官的术前图像分割体积模型15的形状类似的形状,但是网格不必与具有解剖器官的术前图像分割体积模型15的大小可比较的大小。尽管对于大多数配准过程不是必需的,但是为了获得可比较的尺寸,表面扫描控制器50还可以通过本公开领域中已知的任何网格归一化技术(平均权重等价),根据定义的变形偏移量,在每个顶点处进一步计算法向矢量,并在关联法线向量的方向上移动网格的每个点以增加尺寸,但仍保持网格的形状。

[0076] 对于扫描表面末端执行器43的成像实施例,方法10的机器人表面扫描阶段12还包括表面扫描控制器50,其拼贴与网格的每个点相关联的图像,所述图像的是未定尺寸的或被定尺寸为使得将术中体积模型17绘制为解剖器官的图像。在实践中,在拼贴与网格的每

个点相关联的图像时,表面扫描控制器50可以对由于扫描表面末端执行器43的经校准的扫描参考的未记录位置而从网格中丢失的图像进行插值。

[0077] 为了促进对本公开的各种发明的理解,下面对图3A至图3C的描述说明了根据本公开的发明原理的数字化模型点的示例性记录位置。从该描述中,本领域普通技术人员将进一步理解如何根据本公开的发明原理来实践力感测表面扫描方法和力感测表面扫描系统的各种实施例。

[0078] 参考图3A,示出了表面扫描末端执行器43在扫描解剖器官的表面之前使解剖器官变形。更具体地,表面扫描控制器50控制扫描端部执行器43相对于所述解剖器官的定位以最初将接触力施加到解剖器官的组织造成未变形的解剖学组织UAT与变形解剖组织DAT_I之间的OFFSET_I。调节扫描末端执行器43的定位,直到每个力感测数据FSD的感测到的接触力SCF_I等于所需的收缩力DCF,其中,未变形的解剖组织UAT与变形的解剖组织DAT_I之间的OFFSET_I被视为等同于如本文中先前所描述的解剖器官的定义的表面变形偏移 u_{SD0} 。因此,表面扫描控制器50根据每个机器人位置数据45的对应机器人位置RP_I记录由黑点表示的表面扫描末端执行器43的经校准的扫描参考位置SRP作为初始数字化模型点DMP_I。

[0079] 在扫描解剖器官的表面期间,图3A图示了扫描末端执行器43到相对于解剖器官的机器人RP_X的重新定位,导致未变形的解剖组织UAT与变形的解剖组织DAT_X之间的偏移_X,其中,每个力感测数据FSD的感测接触力SCF_X等于期望的收缩力DCF,并且图3B图示了扫描末端执行器43到相对于解剖器官的机器人RP_Y的重新定位,导致未变形的解剖组织UAT与变形的解剖组织DAT_Y之间的偏移_Y,其中,每个力感测数据FSD的感测接触力SCF_Y不等于期望的收缩力DCF。

[0080] 对于点采样扫描路径实施例,调整扫描末端执行器43的重新定位,直到每个力感测数据FSD的感测到的接触力SCF等于期望的收缩力DCF,如图3A中所示,其中,未变形的解剖学组织UAT和变形解剖组织DAT_X之间偏移_X被认为等同所定义的解剖器官的表面变形偏移 u_{SD0} ,如本文中先前所描述。因此,表面扫描控制器50根据每个机器人位置数据45的对应的机器人位置RP_X记录由黑点表示的表面扫描末端执行器43的经校准的扫描参考位置SRP作为附加的数字化模型点DMP_X。针对点采样扫描路径中的每个点重复此过程。

[0081] 对于线采样扫描路径实施例,当表面感测末端执行器43沿着解剖器官的表面上方的线移动时,表面扫描控制器50将数字化如图3A中所示的机器人位置RP_X,并且将不数字化如图3B中所示机器人位置RP_Y或未能感测到等于扫描力参数SFP的接触力任何其他机器人位置。

[0082] 任一个实施例的结果都是解剖器官的稀疏云表示,便于术中体积模型17的未调整大小或调整大小的网格创建。

[0083] 返回参考图1A和图1B,方法10的体积模型配准13包括表面扫描控制器50,所述表面扫描控制器50通过如本公开领域中已知的配准技术来实现术前分割体积模型15和术中体积模型17的模型配准53。

[0084] 在术中体积模型17的网格实施例中,表面扫描控制器50可以执行逐点配准技术以配准术前分割体积模型15和术中体积模型17。这样的逐点配准技术的示例包括但不限于,刚性或非刚性迭代更近点(ICP)配准,刚性或非刚性鲁棒点匹配(RPM)配准以及基于颗粒滤波器的配准。

[0085] 在术中体积模型17的拼贴图像实施例中,表面扫描控制器50可以执行图像配准技术以配准术前分割体积模型15和术中体积模型17。这种逐点配准技术的示例包括但不限于基于内部解剖界标的图像配准(例如,分叉或钙化),基于内部植入的标记的图像配准和基于互信息的图像配准。

[0086] 仍然参考图1A和图1B,在扫描过程完成时,表面扫描控制器50可以如本公开领域中已知的那样基于模型配准53来实现模型融合54,其中,可以在适用的坐标系内显示经配准的模型融合56,如象征性地所示。

[0087] 在一个实施例中,配准模型融合56包括术前分割体积模型15在术中体积模型17上的叠加。

[0088] 在另一个实施例中,配准模型融合56包括术前分割体积模型15在解剖器官上的覆盖,所述配准被配准到机器人系统40的坐标系。

[0089] 为了促进对本公开的各种发明的理解,以下对图4和图5的描述教导了根据本公开的发明原理的力感测表面扫描系统100和力感测表面扫描系统140的另外的实施例。从该描述中,本领域普通技术人员将进一步理解如何根据本公开的发明原理来实践力感测表面扫描方法和力感测表面扫描系统的各种实施例。

[0090] 参考图4,力感测表面扫描系统100采用蛇形扫描机器人110、工具指示器113、超声腹腔镜115和内窥镜115。

[0091] 为了扫描的目的,如本公开领域中已知的,可以将工具指示器113或超声腹腔镜115安装到蛇形扫描机器人110上。

[0092] 蛇形扫描机器人110装备有(一个或多个)力/压力传感器111和/或(一条或多条)光纤112,以感测由安装的工具指示器113或超声腹腔镜115施加到解剖器官的接触力,如本公开的领域中已知的那样。

[0093] 内窥镜115可安装在另外的蛇形扫描机器人110上,以观察工具指示器113或超声腹腔镜115在解剖器官的表面附近的定位。

[0094] 力感测表面扫描系统100还采用工作站120和扫描控制设备130。

[0095] 工作站120包括本公开领域中已知的监视器121、键盘122和计算机123的已知布置。

[0096] 扫描控制设备130采用均安装在计算机123上的机器人控制器131、表面扫描控制器132和显示控制器137。

[0097] 在实践中,机器人控制器131、表面扫描控制器132和显示控制器137可以体现为用于实现根据本公开的发明原理的如图5中所示的力感测表面扫描方法的硬件、软件、固件和/或电子电路的任何布置,其将在本文中进一步解释。

[0098] 在一个实施例中,机器人控制器131、表面扫描控制器132和显示控制器137每个可以包括经由一个或多个系统总线互连的处理器、存储器、用户接口、网络接口和存储器。

[0099] 处理器可以是能够执行存储在存储器或存储器中的指令或以其他方式处理数据的,如本公开的技术领域中已知的或在下文中构思的任何硬件设备。在非限制性范例中,处理器可以包括微处理器、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)或其他类似设备。

[0100] 存储器可以包括如本公开的领域中已知的或在下文中构思的各种存储器,包括但不限于L1、L2或L3高速缓存或系统存储器。在非限制性范例中,存储器可以包括静态随机存

取存储器 (SRAM)、动态RAM (DRAM)、闪存、只读存储器 (ROM) 或其他类似的存储器设备。

[0101] 用户接口可以包括一个或多个设备,如在本公开的领域中已知的或在下文中构思的,用于使得能够与诸如管理员的用户进行通信。在非限制性范例中,用户接口可以包括命令行接口或图形用户接口,其可以经由网络接口呈现给远程终端。

[0102] 网络接口可以包括一个或多个设备,如在本公开的领域中已知的或在下文中构思的,用于使得能够与其他硬件设备进行通信。在非限制性范例中,网络接口可以包括被配置为根据以太网协议进行通信的网络接口卡 (NIC)。另外,网络接口可以根据TCP/IP协议实现用于通信的TCP/IP栈。用于网络接口的各种替代或附加硬件或配置将是显而易见的。

[0103] 如本公开的技术领域中或以下构思的,所述存储设备可以包括一个或多个机器可读存储介质,包括但不限于只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM)、磁性存储器、磁盘存储介质、光学存储介质、闪存设备或类似的存储介质。在各种非限制性实施例中,存储设备可以存储用于由处理器执行的指令或者处理器可以操作的数据。例如,存储器可以存储用于控制硬件的各种基本操作的基本操作系统。存储器还可以以可执行软件/固件的形式存储一个或多个应用模块。

[0104] 更具体地,仍然参考图4,机器人控制器131包括(一个或多个)应用模块,所述(一个或多个)应用模块用于控制蛇形扫描机器人100在机器人坐标系内的导航,如本公开领域中已知的,并且显示控制器137包括(一个或多个)应用模块,(一个或多个)应用模块用于控制图像、图形用户接口等在监视器120上的显示,如本公开领域中已知的。

[0105] 表面扫描控制器132包括扫描命令器 (133) 133,模型构建器 (134) 134,模型配准器 135和模型融合器136形式的应用模块,用于控制根据本公开的发明原理的如图5中所示的力感测表面扫描方法的实施,如将在本文中进一步解释。

[0106] 在实践中,扫描控制设备130可以替代地或同时安装在其他类型的处理设备,包括但不限于,平板电脑或工作站以及平板电脑或工作站可访问的服务器,或者可以分布在支持利用如图5中所示出的本公开的力感测表面扫描方法的外科手术流程的执行的网络上。

[0107] 同样在实践中,控制器131、132和135可以是扫描控制设备130的集成部件,隔离部件或逻辑分割部件。

[0108] 图5图示了表示根据本公开的发明原理的力感测表面扫描方法的流程图140,其由表面扫描控制器132的应用模块133-136实现,如将在本文中描述的。

[0109] 参考图5,流程图140的阶段S142包括由扫描命令器 (133) 132 (图4) 实施的预扫描活动。这些预扫描活动包括但不限于,

[0110] 1、如本领域中已知的,扫描命令器133控制蛇形扫描机器人110与术前分割体积模型的配准;

[0111] 2、扫描命令器133如本文中先前结合图11A和1B的描述所描述的控制蛇形扫描机器人110的采样扫描路径的规则划,特别是线采样扫描路径或点采样扫描路径;

[0112] 3、扫描命令器133控制图形用户接口以供操作者提供或操作者选择粘弹性属性参数 k 和扫描力参数 f ;以及

[0113] 4、扫描命令器133控制表面感测末端执行器的初始偏移位置,例如,如图6A中所示的工具指示器113的初始定位,或者如图7A中所示超声腹腔镜114初始定位。

[0114] 更具体地,从提供/选择的粘弹性属性参数 k 和扫描力参数 f 计算定义的表面变形偏移量 u ,其中,扫描参数133控制表面感测末端执行器的初始偏移定位,以使感测到的接触力等同于扫描力参数 f ,从而实现未变形的解剖组织与解剖器官的变形的解剖组织之间的定义的表面变形偏移 u ,如本文先前所描述。

[0115] 对于已知粘弹性属性参数 k 的实施例,定义的表面变形偏移 u 可以如下地经验性定义:

[0116] 1、扫描命令器133控制图形用户接口,用于用户控制在选定的非零感测控制力下对表面感测末端执行器的初始偏移定位,例如,如图6A所示的对工具指示器113的初始定位,或者如图7A中所示的对超声腹腔镜114的初始定位;以及

[0117] 2、扫描命令器133使表面感测末端执行器缩回,直到此时感测到的控制力为零为止;以及

[0118] 3、扫描命令器133将扫描力参数 f 定义为与表面感测末端执行器的初始偏移定位相关联的选定的非零感测控制力,并且还将表面变形偏移 u 定义为表面感测末端执行器的缩回距离。

[0119] 替代地,在实践中,可以在阶段S142期间独立于术前图像分割体积来定义采样扫描路径,从而省略了将蛇形扫描机器人110配准到术前分割体积模型的需要。例如,采样扫描路径可以被定义为几何图案(例如,螺旋形图案,锯齿形图案等)或被定义为随机图案(例如,白噪声采样方案)或其组合。对于阶段S142的这种替代实施例,解剖器官的表面经由手术端口而被暴露,并且蛇形扫描机器人110通过手术端口插入到解剖器官的表面,直到到达表面感测末端执行器的初始偏移位置或者根据经验定义的表面变形偏移 u 为止。此后,手动地或操纵蛇形扫描机器人110以遵循预定的几何图案或随机地行进通过解剖器官的表面或其组合。

[0120] 仍然参考图5,流程图140的阶段S144包括由扫描命令器(133) 132(图4)和模型构建器(134) 134(图4)实现的扫描活动。这些扫描活动包括但不限于,

[0121] 1、扫描命令器133根据规划的采样扫描路径来控制蛇形扫描机器人110相对于解剖器官的导航,如本文先前结合图1A和1B所述;

[0122] 以及

[0123] 2A、模型构建器134构建如本文中先前结合对图1A和图1B的描述所描述的术中体积网格,例如像图6E中所示的术中体积图像170;

[0124] 或者

[0125] 2B、模型构建器134拼贴如本文中先前结合对图1A和图1B的描述所描述的术中体积图像,例如像图7E中所示的术中体积图像180;

[0126] 更具体地,对于利用工具指示器113的阶段S144的实施例,对蛇形扫描机器人110的导航将导致样本点的数字化,其指示感测到的接触力等于扫描力参数 f ,如图6B示例性地所示,以及样本点的非数字化,其指示感测到的接触力不等于扫描力参数 f ,如图6C示例性地所示。

[0127] 参考图6D,可以将图形150显示给工作站120的操作者(图4),从而可视化(一个或多个)特定样本点的数字化时间段152和154以及(一个或多个)剩余样本点的非数字化时间段151、153和155。

[0128] 在一个实施例中,非数字化时间段151表示工具指示器113相对于解剖区域的预扫描定位,其中数字化时间段152和154表示在解剖器官的线采样扫描期间的多个数字化样本点。

[0129] 在另一实施例中,非数字化151时间段表示工具指示器113相对于解剖区域的预扫描定位,其中数字化时间段152和154表示在解剖器官的点采样扫描期间的单个数字化样本点。

[0130] 返回图4,更具体地,对于利用超声腹腔镜114的阶段S144的实施例,对蛇形扫描机器人110的导航将导致样本点的数字化,其指示感测到的接触力等于扫描力参数 f ,如图7B示例性地所示,以及样本点的非数字化,其指示感测到的接触力不等于扫描力参数 f ,如图7C示例性地所示。

[0131] 参考图7D,可以将图形170显示给工作站120的操作者(图4),从而可视化(一个或多个)特定样本点的数字化时间段172和174以及(一个或多个)剩余样本点的非数字化时间段171、173和175。

[0132] 在一个实施例中,非数字化时间段171表示超声腹腔镜114相对于解剖区域的预扫描定位,其中数字化时间段172和174表示在解剖器官的线采样扫描期间的多个数字化样本点。

[0133] 在另一实施例中,非数字化151时间段表示超声腹腔镜114相对于解剖区域的预扫描定位,其中数字化时间段172和174表示在解剖器官的点采样扫描期间的单个数字化样本点。

[0134] 返回图4,流程图140的阶段S146包括由模型构建器(134) 134(图4)和/或模型配准器135实施的扫描后活动。这些扫描后活动包括但不限于,

[0135] 1A、模型构建器134任选地根据定义的表面变形偏移来控制术中体积网格的尺寸,如本文先前结合对图11A和1B的描述所描述的,例如,像将术中体积网格150调整为术中体积网格151,如图6F中所示(注意尺寸调整通常将以纳米为单位,因此如图6F所示的尺寸调整被放大以使概念可视化);以及

[0136] 2A、模型配准器135将未调整尺寸/调整尺寸的术中体积网格配准到术前分割体模型,如本文先前结合对图1A和1B的描述所描述的;或者

[0137] 1B、模型构建器134任选地根据定义的表面变形偏移来控制术中体积图像的尺寸,如本文先前结合对图11A和1B的描述所描述的,例如,像将术中体积图像180调整为术中体积网格181,如图7F中所示(注意尺寸调整通常将以纳米为单位,因此如图7F所示的尺寸调整被放大以使概念可视化);以及

[0138] 2B、模型配准器135将未调整尺寸/调整尺寸的术中体积图像配准到术前分割体模型,如本文先前结合对图1A和1B的描述所描述的;

[0139] 在阶段S146完成之后,模型融合器136实施如本公开领域中已知的融合技术,以用于生成配准的模型融合138,如本文先前所描述,其中显示控制器137如图所示地控制配准的模型融合138的显示。

[0140] 参考图1-7,本领域普通技术人员将理解本公开的许多益处,包括但不限于,通过本公开的发明提供的对基于感测由扫描机器人的表面扫描末端执行器施加到解剖器官的接触力的解剖器官的术中扫描体积模型构建的表面扫描系统、设备、控制器和方法的改进,

其中,所述接触力指示解剖器官的定义的表面变形偏移,从而增强解剖器官的术中表面扫描体积模型与解剖器官的术前图像分割体积模型的配准。

[0141] 此外,鉴于本文提供的教导,本领域普通技术人员将理解,本公开/说明书中描述和/或图中描绘的特征、元件、部件等可以以电子部件/电路、硬件、可执行软件和可执行固件的各种组合实现,并提供可以组合在单个元件或多个元件中的功能。例如,可以通过使用专用硬件以及能够执行与适当软件相关联的软件的硬件来提供附图中示出/图示/描绘的各种特征、元件、部件等的功能。当由处理器提供时,所述功能能够由单个专用处理器、由单个共享处理器,或由多个个体处理器(它们中的一些能够是共享的和/或多路复用的)来提供。此外,对术语“处理器”的明确使用不应当被解释为排他性地指代能够运行软件的硬件,而是能够暗含地不加限制地包括数字信号处理器(“DSP”)硬件、存储器(例如用于存储软件的只读存储器(“ROM”)、随机存取存储器(“RAM”)、非易失性存储装置等)以及能够(和/或可配置为)执行和/或控制过程的任何虚拟装置和/或机器(包括硬件、软件、固件、电路、它们的组合等)。

[0142] 此外,本文中提到的原理、方面和本发明实施例的所有陈述以及其具体范例都旨在涵盖其结构上和功能上的等价方案。另外,旨在使这样的等同要件既包括当前已知的等同要件,又包括未来开发的等同要件(例如,所开发出的能够执行相同或基本上相似的功能的元件,而不管其结构如何)。因此,例如,本领域普通技术人员鉴于本文中提供的教导将认识到,本文中呈现的任何方框图能够表示实现本发明的原理的说明性系统部件和/或电路的概念图。类似地,本领域普通技术人员鉴于本文中提供的教导应当认识到,任意流程图示、流程图等能够表示能够基本上被表示在计算机可读存储介质中并且由计算机、处理器或具有处理能力的其他设备如此运行的各种过程,而无论是否明确示出这样的计算机或处理器。

[0143] 此外,本发明的示范性实施例可以采取能够从计算机可用和/或计算机可读存储介质访问的计算机程序产品或应用模块的形式,所述存储介质提供程序代码和/或指令,以供例如计算机或任何指令执行系统使用或结合其使用。根据本公开,计算机可用或计算机可读存储介质可以是例如包括、存储、传送、传播或传输程序的任何设备,所述程序供指令执行系统、装置或设备使用或结合其使用。这样的示范性介质可以例如是电子的、磁的、光学的、电磁的、红外的或半导体系统(或装置或设备)或传播介质。计算机可读介质的示例包括例如半导体或固态存储器、磁带、可移动计算机软盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、闪存(驱动器)、硬磁盘以及光盘。光盘的当前范例包括压缩盘-只读存储器(CD-ROM)、压缩盘-读/写存储器(CD-R/W)以及DVD。此外,应当理解,此后可以开发的任何新的计算机可读介质也应被视为根据本公开和公开内容的示例性实施例可以使用或参考的计算机可读介质。

[0144] 已经描述了新颖和创造性的力感测表面扫描系统、设备、控制器和方法的优选和示例性实施例(这些实施例旨在是说明性的而非限制性的),应注意,本领域普通技术人员可以鉴于本文提供的教导(包括附图)来进行修改和变化。因此,应当理解,在本公开的实施例的范围内,可以对本公开的优选和示例性实施例进行改变。

[0145] 此外,预期的是,实施所述设备等的对应的和/或相关的系统也可以在根据本公开的设备中使用/实施,也被预期和认为在本公开的范围内。此外,还预期和认为对应的和/或

相关的用于制造和/或使用根据本公开的设备 and/或系统的方法在本公开的范围內。

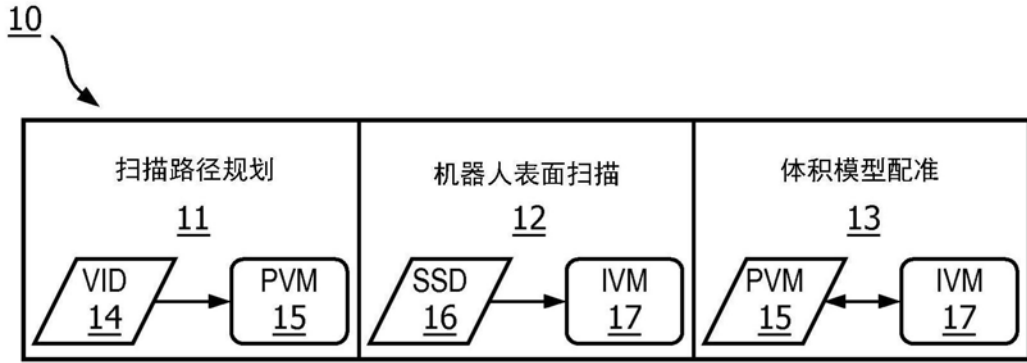


图1A

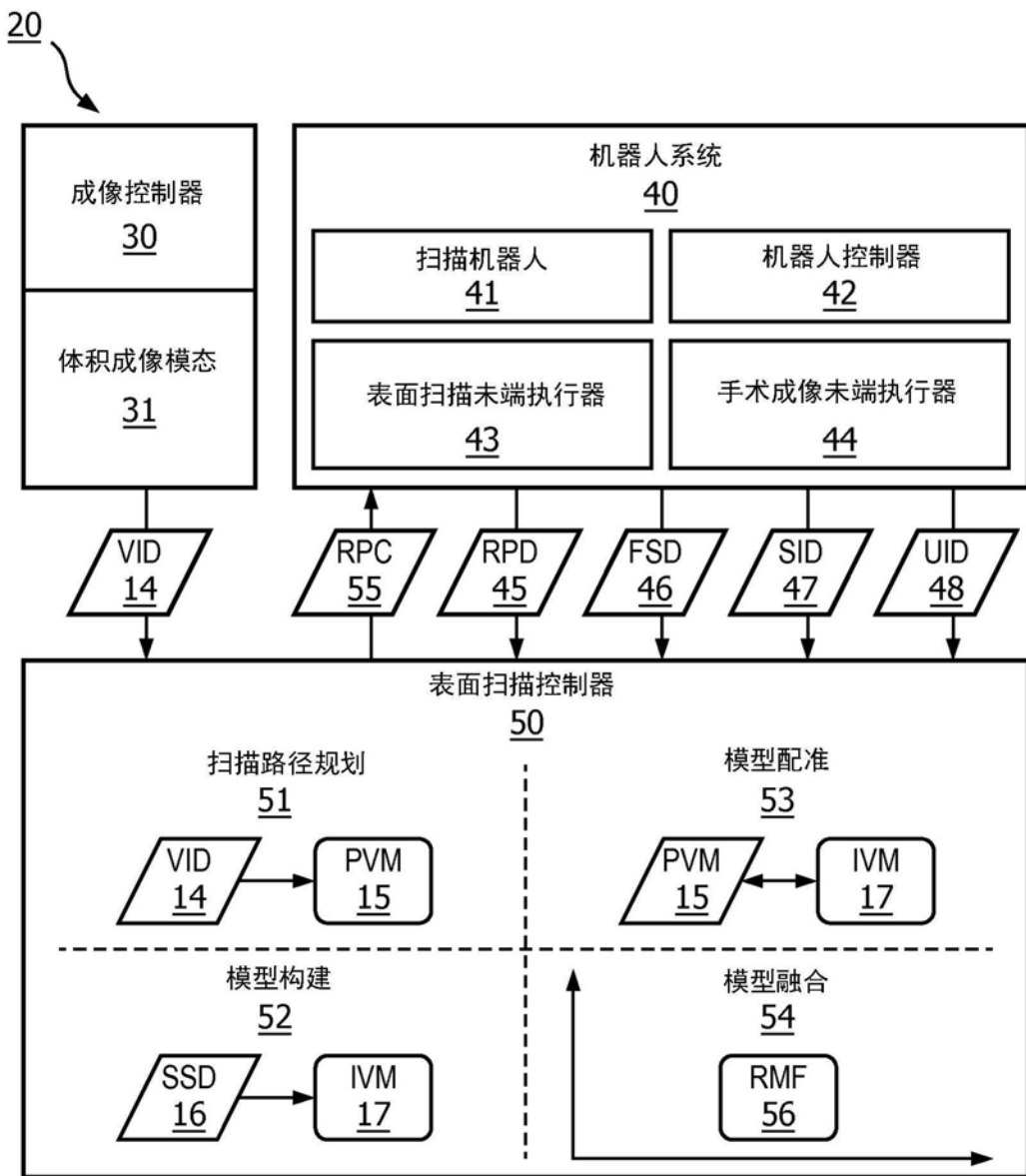


图1B

15a

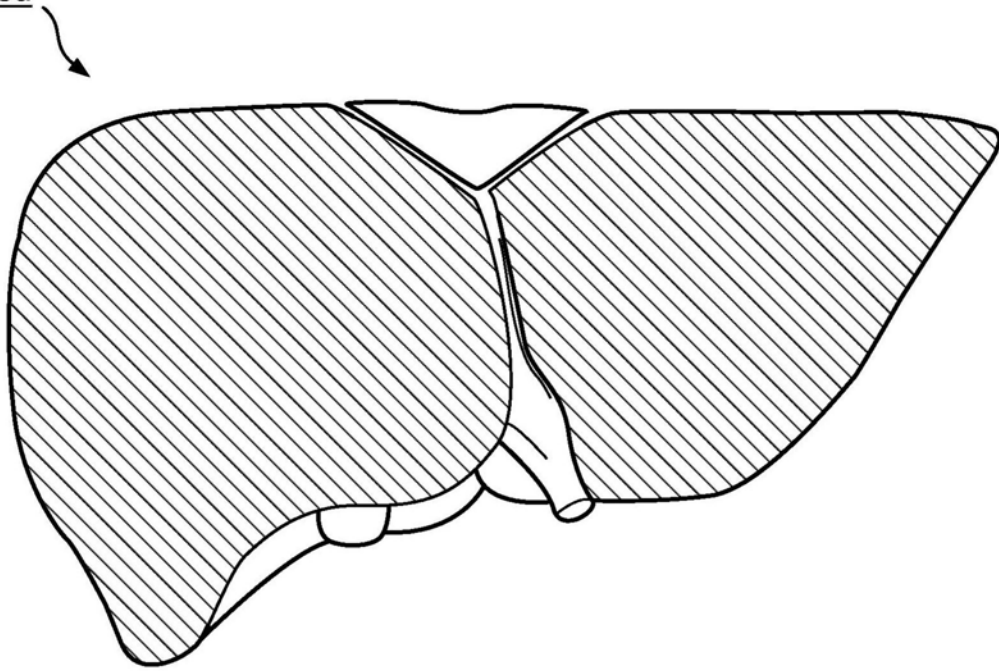


图2A

15b

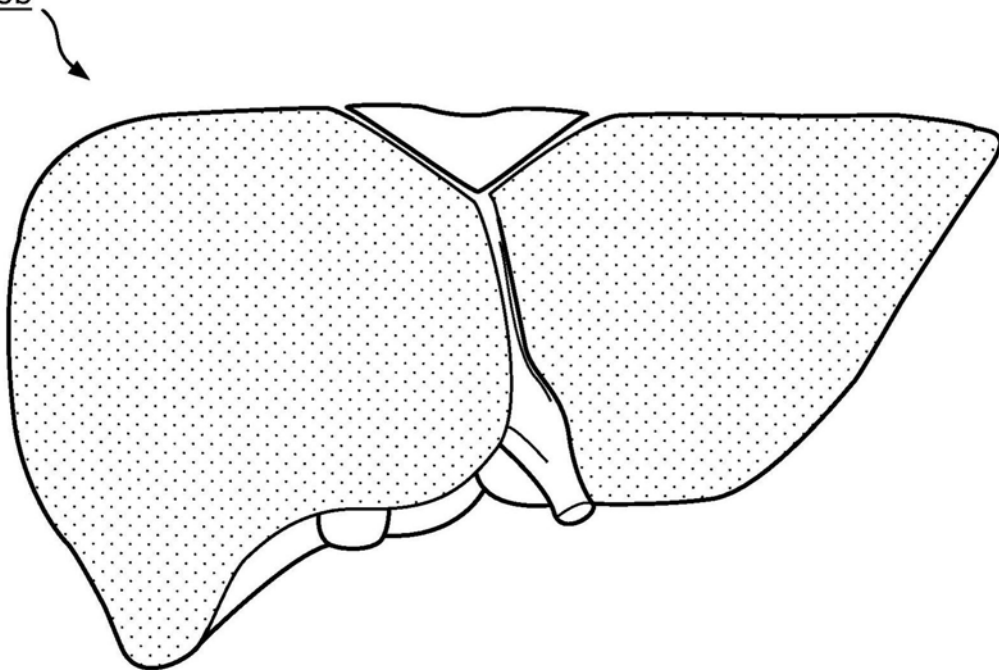


图2B

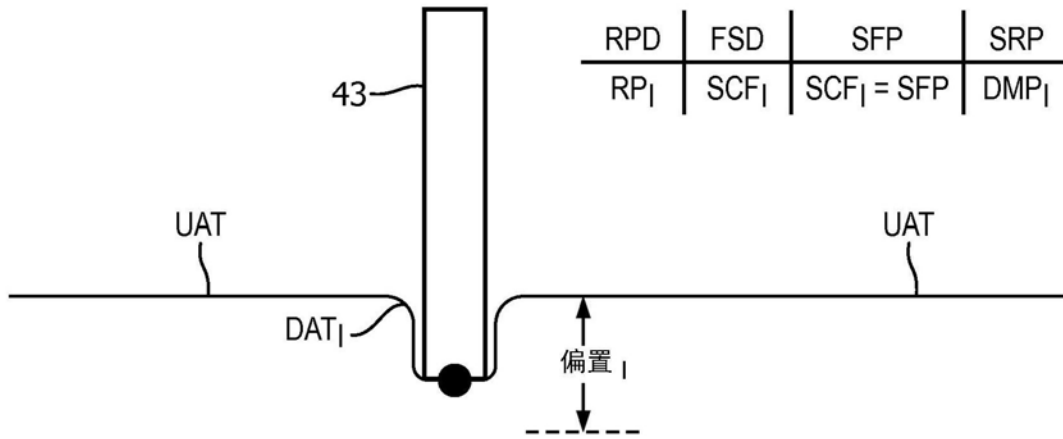


图3A

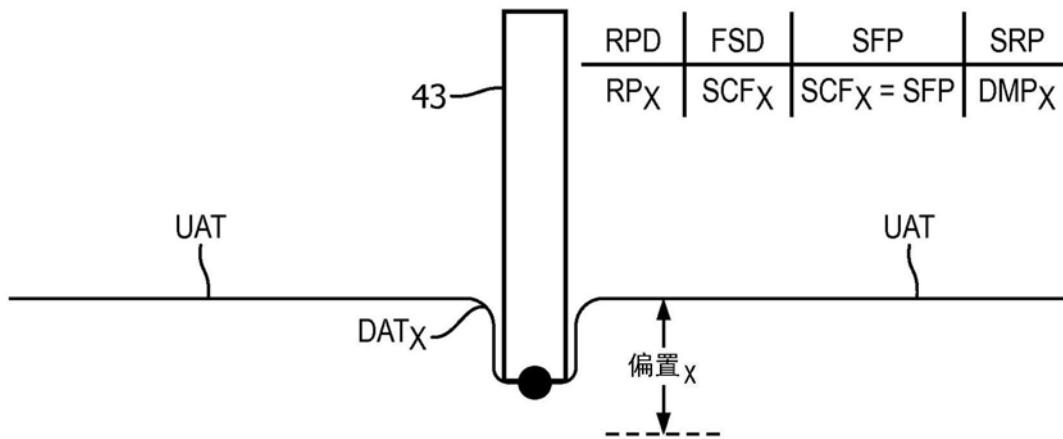


图3B

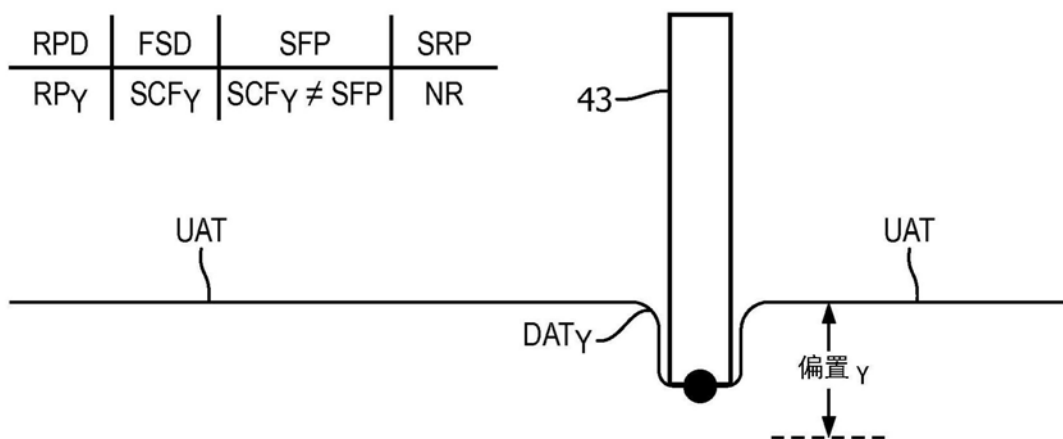


图3C

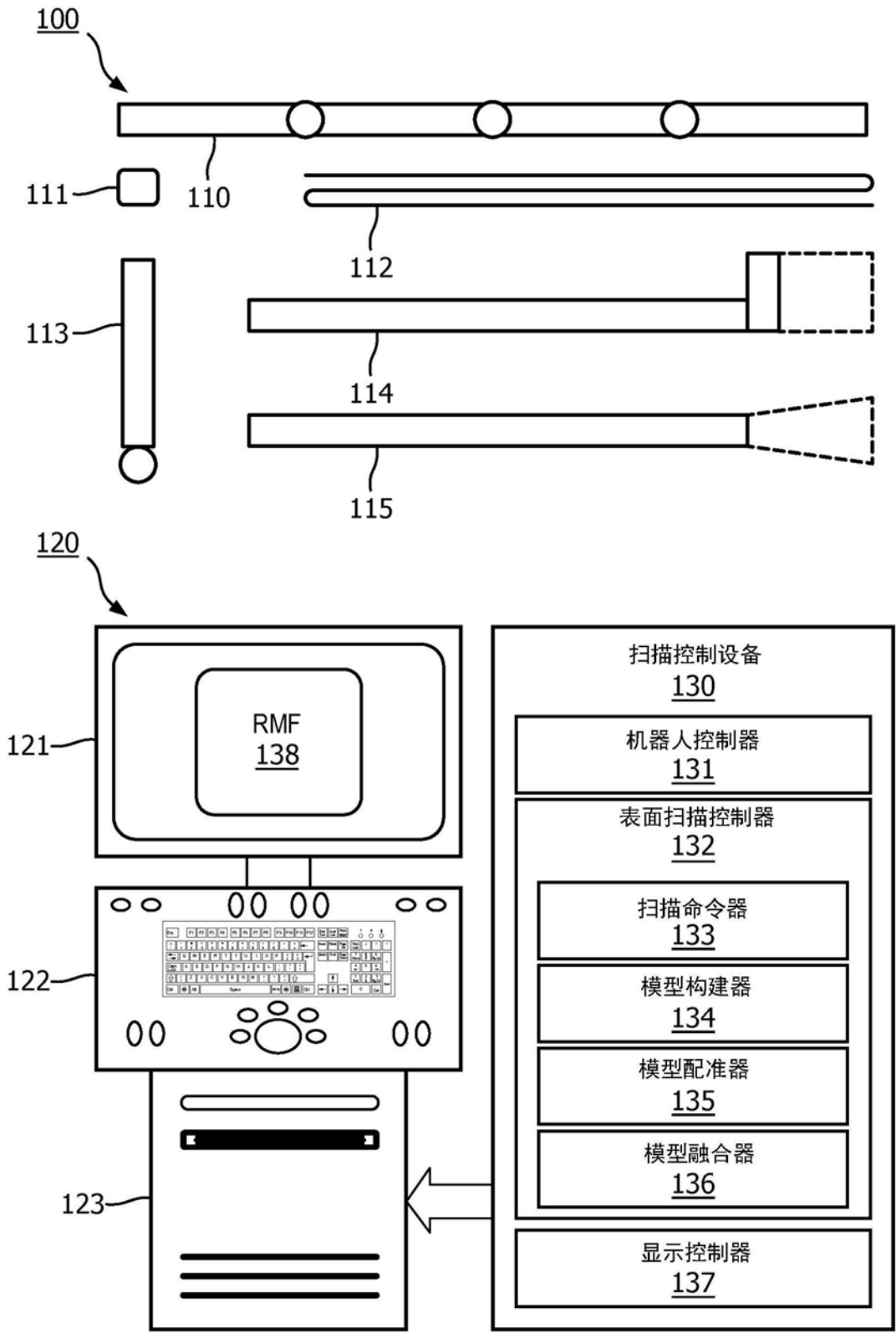


图4

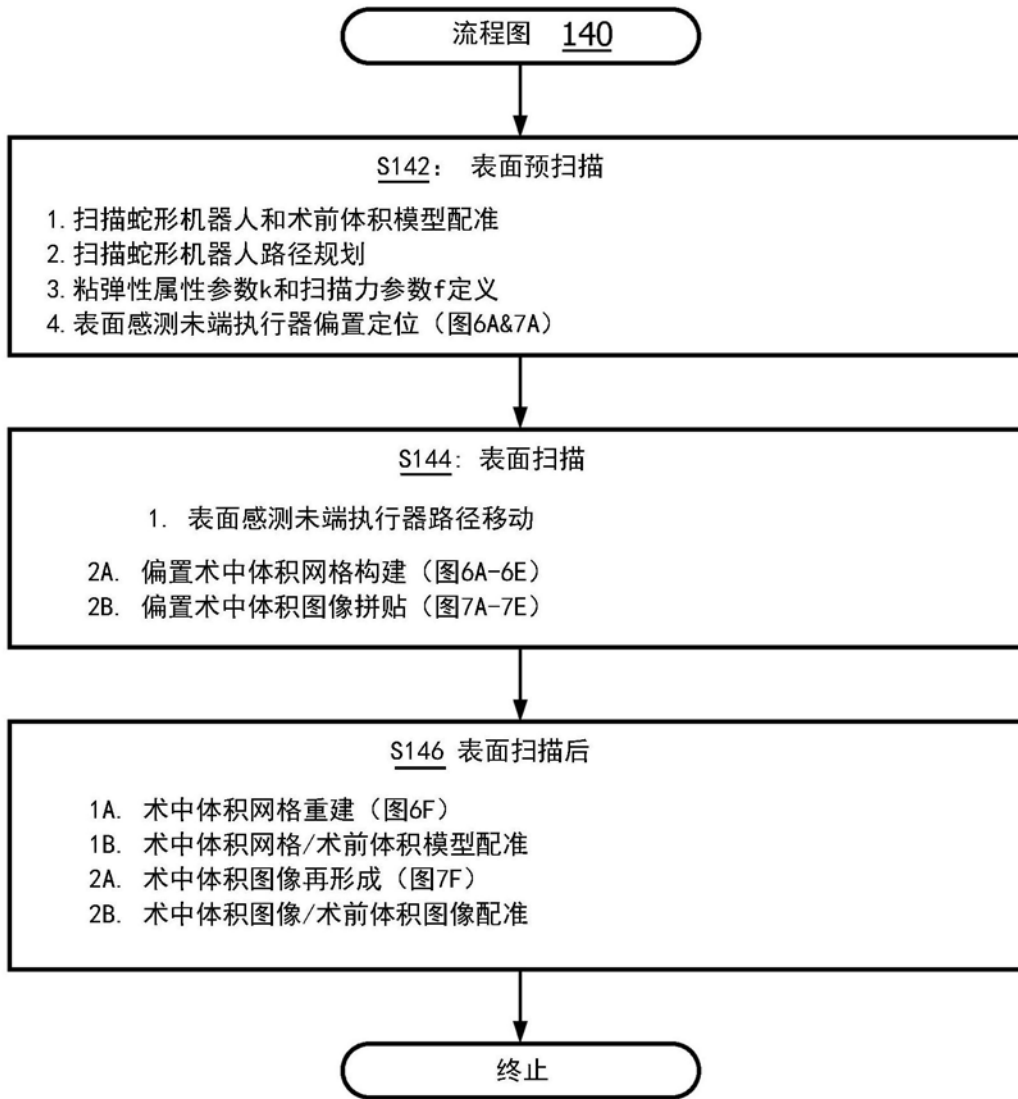


图5

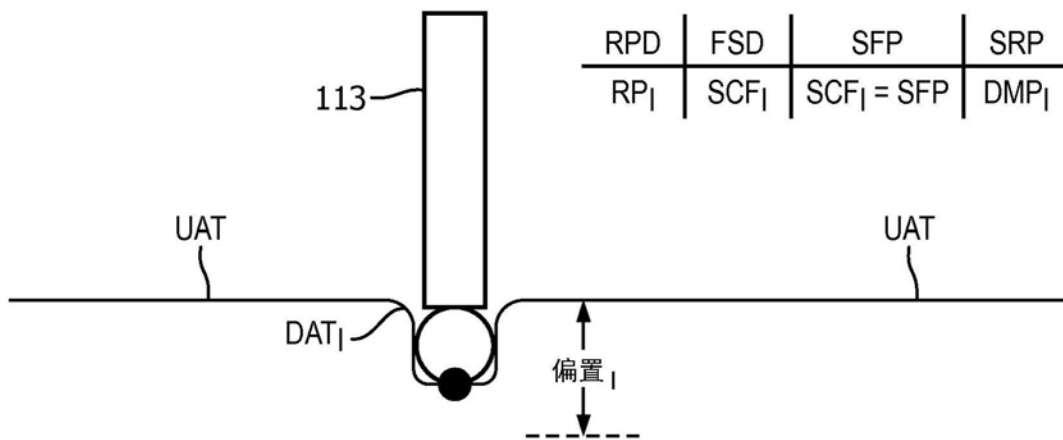


图6A

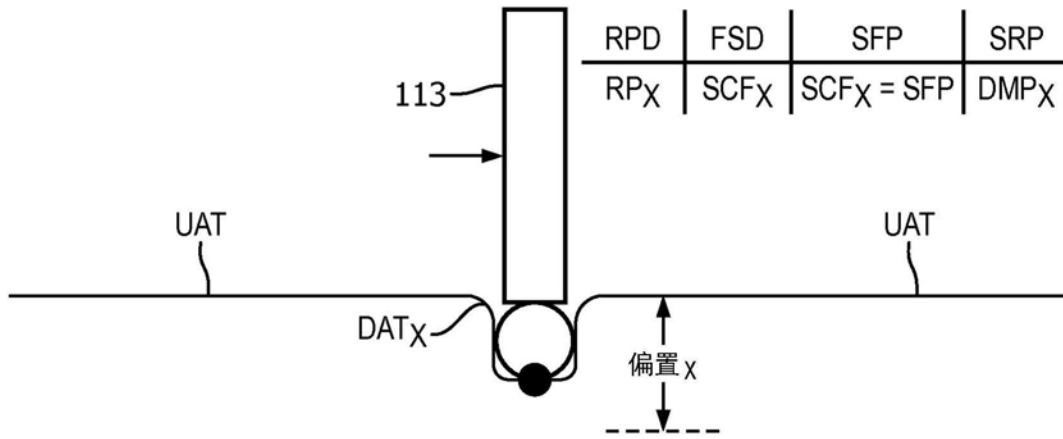


图6B

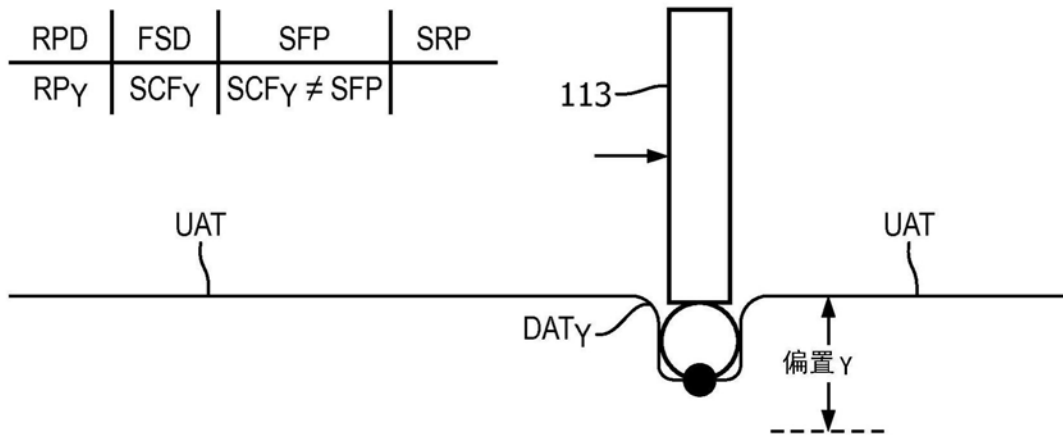


图6C

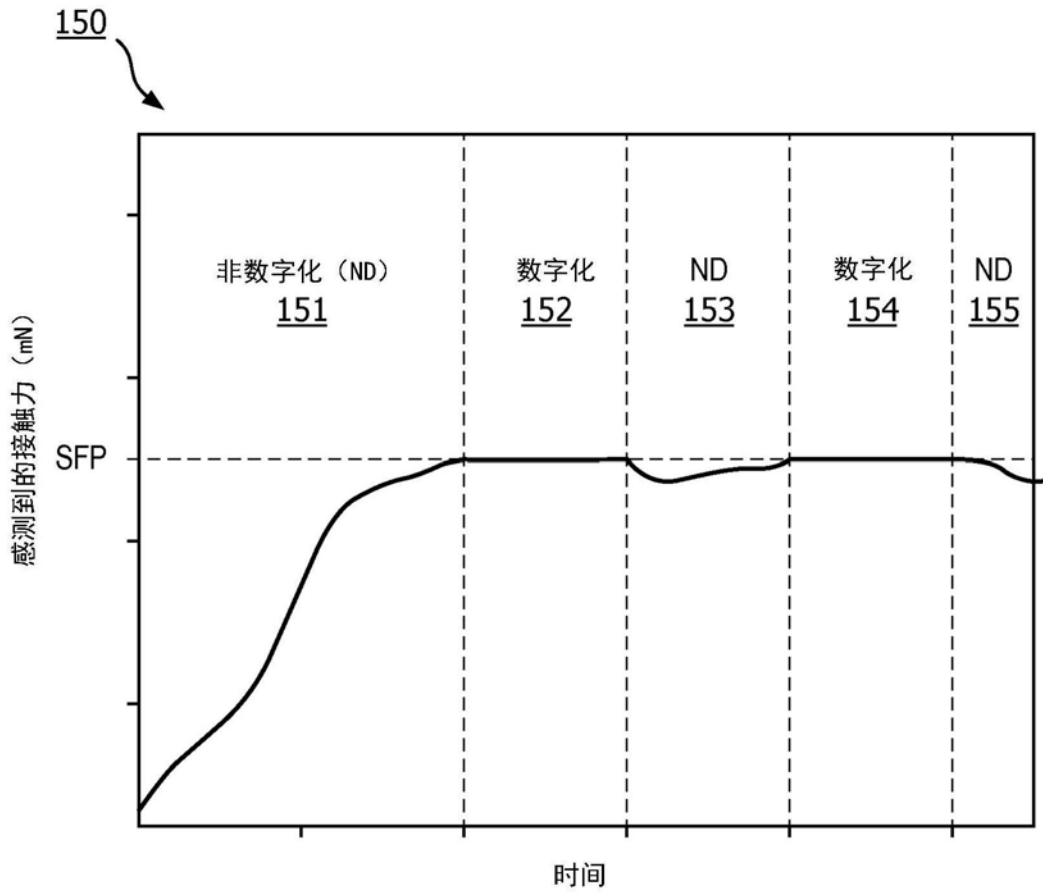


图6D

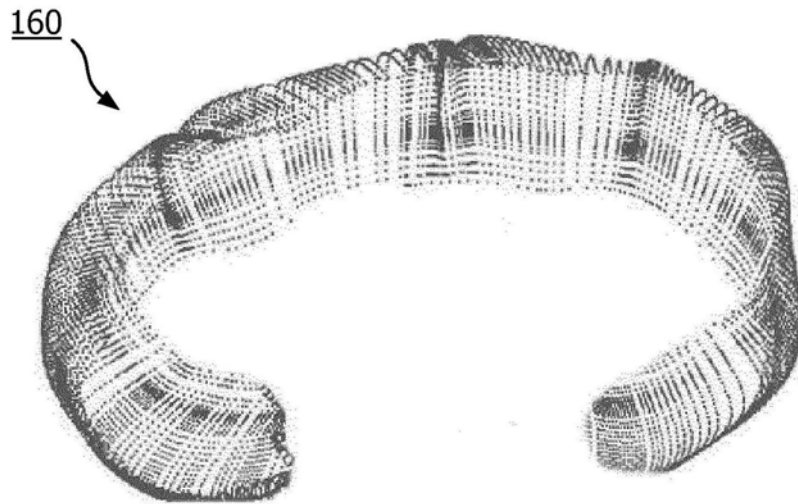


图6E

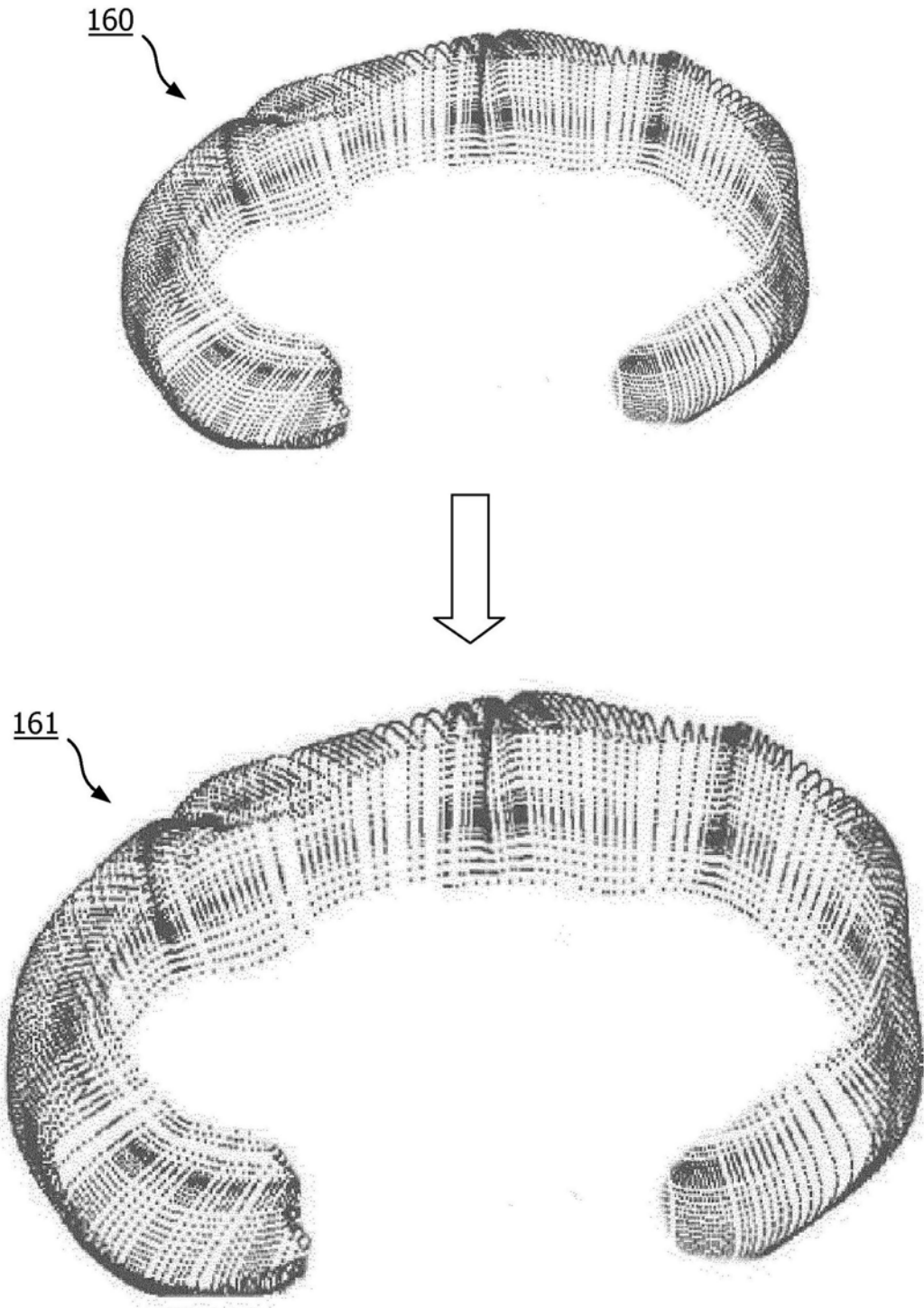


图6F

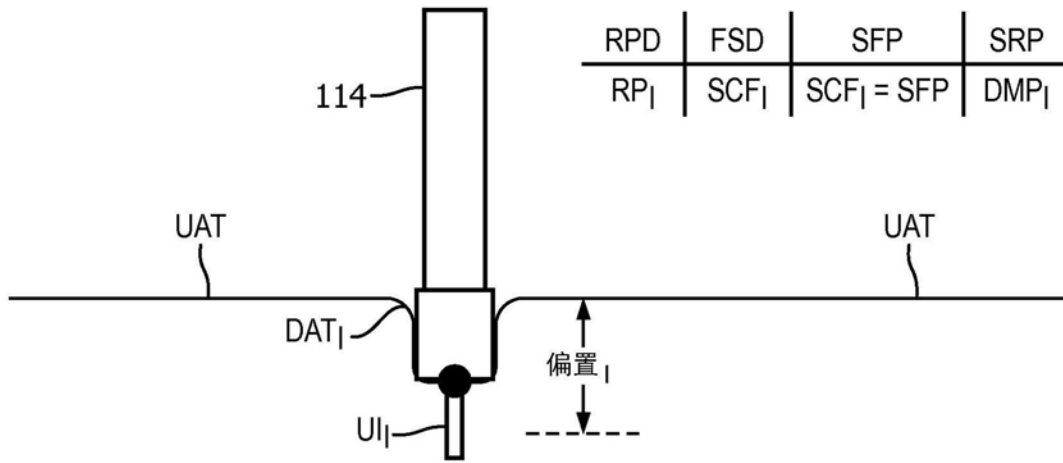


图7A

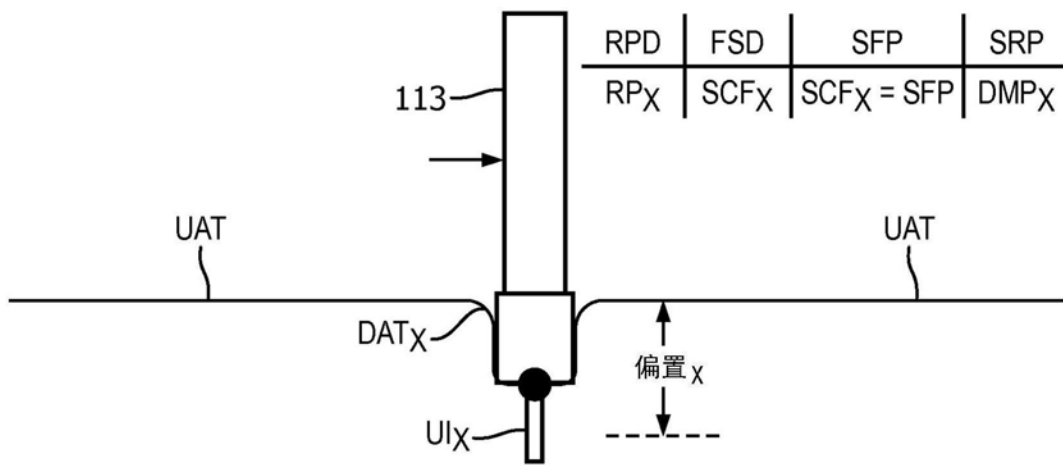


图7B

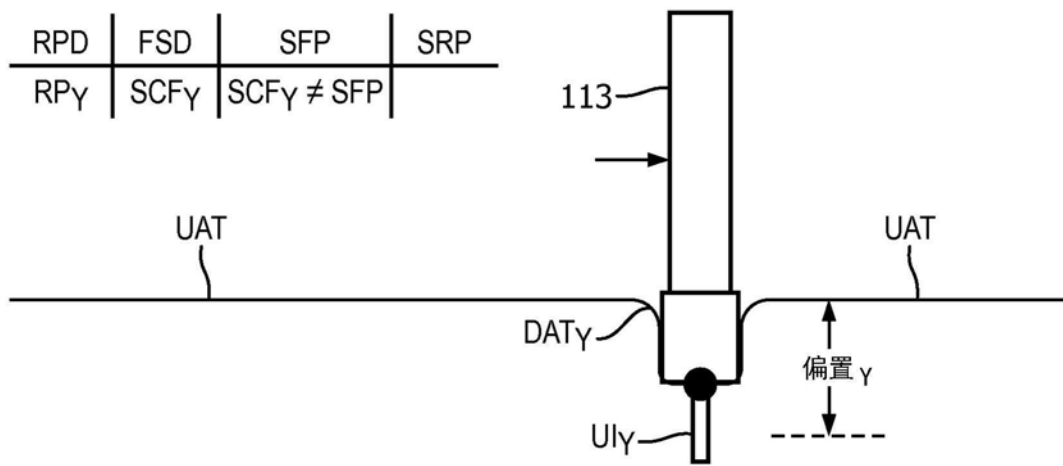


图7C

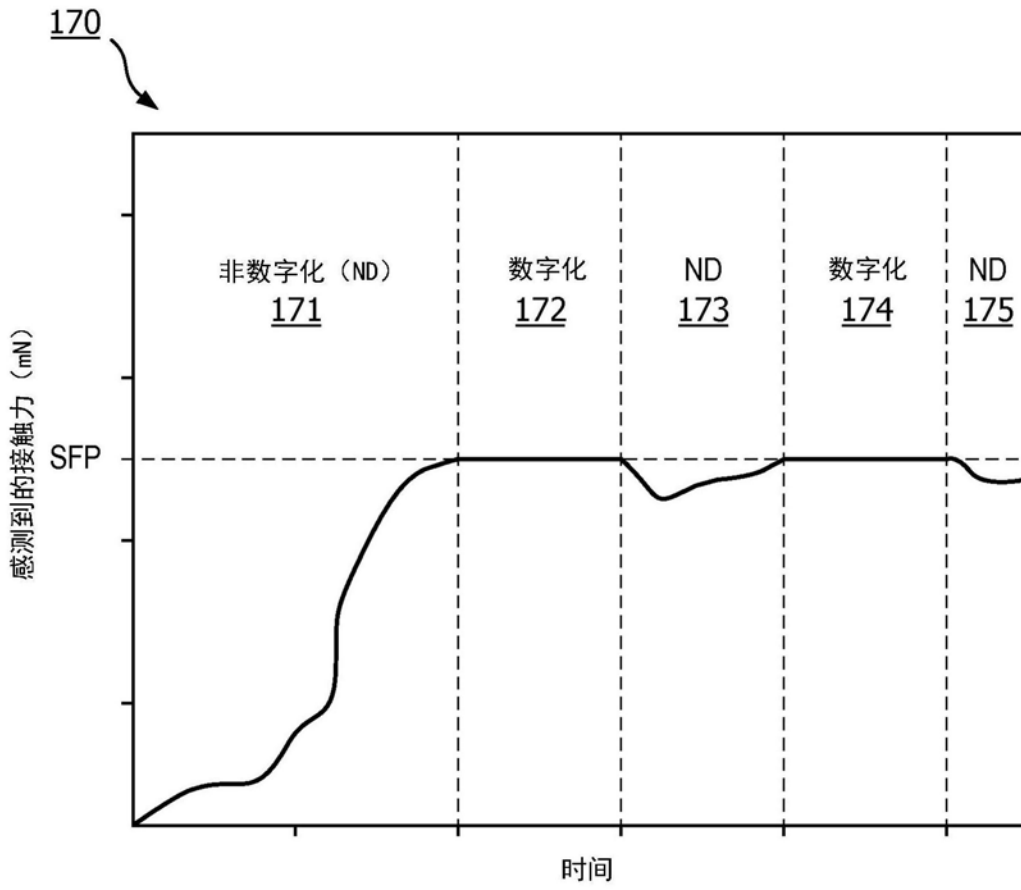


图7D

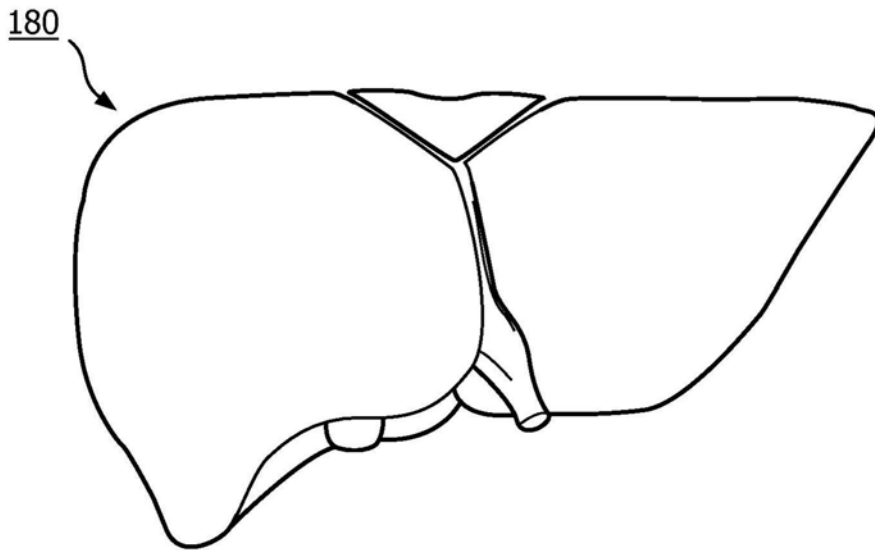


图7E

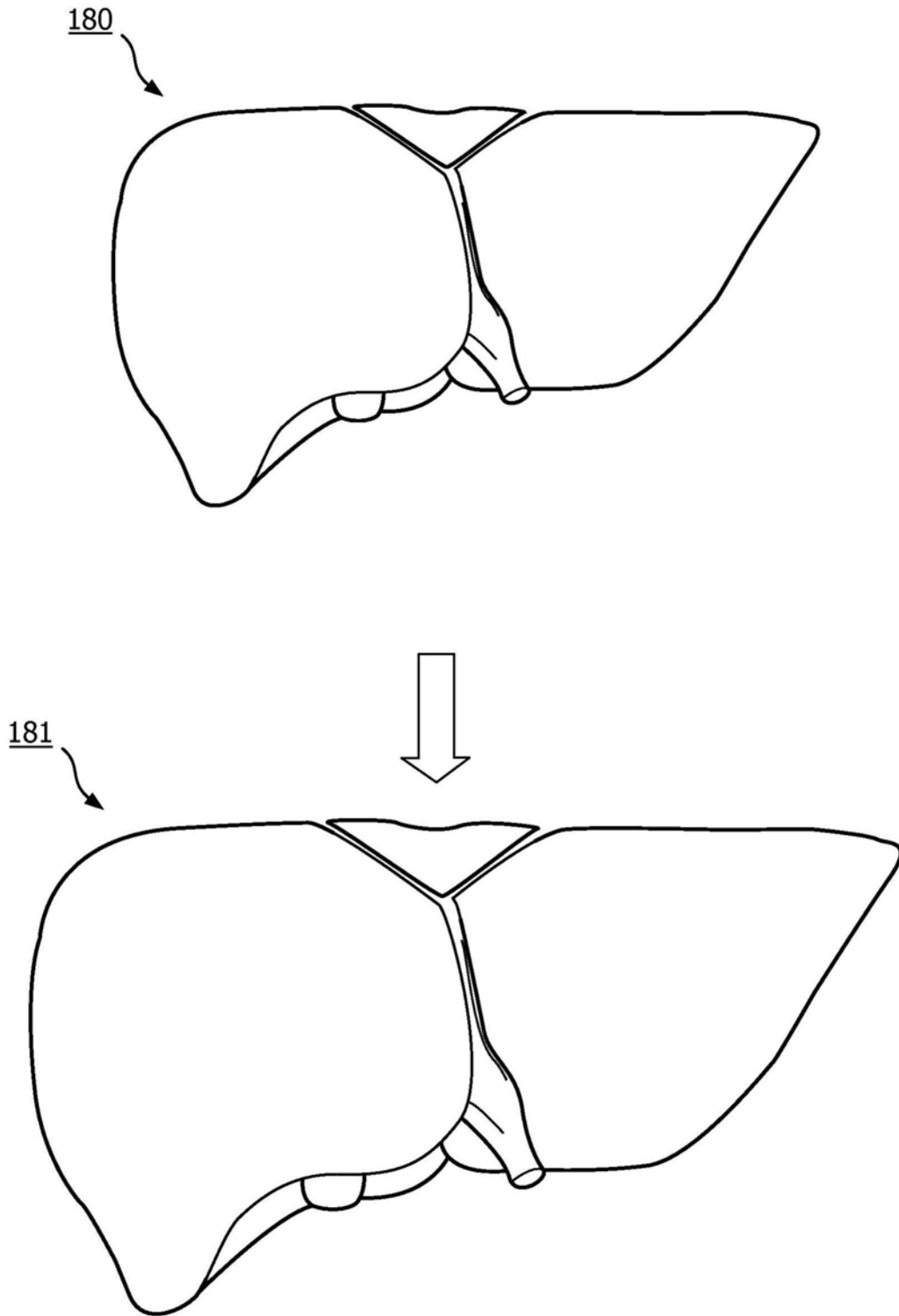


图7F

专利名称(译)	力感测表面扫描系统、设备、控制器和方法		
公开(公告)号	CN110709026A	公开(公告)日	2020-01-17
申请号	CN201880035024.7	申请日	2018-04-02
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
[标]发明人	G A 托波雷克 A波波维奇		
发明人	G·A·托波雷克 A·波波维奇		
IPC分类号	A61B90/00 A61B34/30 A61B5/00 G01B5/008 G01B3/00		
CPC分类号	A61B5/0053 A61B5/4887 A61B5/6885 A61B34/30 A61B90/06 A61B2090/065 A61B2090/364 A61B2090/367 G01B3/008 G01B5/20 G06T7/33 G06T2207/10028 G06T2207/30004		
代理人(译)	刘兆君		
优先权	62/479815 2017-03-31 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种力感测表面扫描系统(20)采用扫描机器人(41)和表面扫描控制器(50)。扫描机器人(41)包括表面扫描末端执行器(43)，所述表面扫描末端执行器生成指示由所述表面扫描末端执行器(43)施加到解剖器官的接触力的力感测数据。在操作中，所述表面扫描控制器(50)控制由所述表面扫描末端执行器(43)对所述解剖器官的表面进行扫描，包括所述表面扫描末端执行器(43)生成力感测数据，并还响应于由表面扫描末端执行器(43)生成的力感测数据来构建解剖器官的术中体积模型，所述力感测数据指示所述解剖器官的定義的表面变形偏移。

