

1. 一种包括铰接终端部的手术机器人部件,所述终端部包括:
远端段,附接件连接至所述远端段;
中间段;
基端段,由此将所述终端部附接至所述手术机器人部件的其余部分;
位于所述远端段和所述中间段之间的第一铰接件,所述第一铰接件允许所述远端段和所述中间段围绕第一轴线相对旋转;
位于所述中间段和所述基端段之间的第二铰接件,所述第二铰接件允许所述中间段和所述基端段围绕第二轴线相对旋转;
其中:
所述中间段包括:
第三铰接件,所述第三铰接件允许所述远端段和所述基端段围绕第三轴线和第四轴线相对旋转;
第一扭矩传感器,所述第一扭矩传感器用于感测围绕所述第三轴线的扭矩;并且
所述第一铰接件、所述第二铰接件和所述第三铰接件被布置成使得在所述终端部的直线配置下,
所述第一轴线和所述第二轴线是共线的;
所述第三轴线和所述第四轴线横向于所述第一轴线;
所述第三轴线和所述第四轴线横向于彼此;并且
所述第三轴线和所述第四轴线彼此交叉。
2. 根据权利要求1所述的手术机器人部件,所述终端部进一步包括:第二扭矩传感器,所述第二扭矩传感器用于感测围绕所述第四轴线的扭矩。
3. 根据权利要求1所述的手术机器人部件,所述终端部进一步包括第三扭矩传感器,所述第三扭矩传感器用于感测围绕所述第一轴线的扭矩。
4. 根据权利要求1所述的手术机器人部件,所述终端部进一步包括第四扭矩传感器,所述第四扭矩传感器用于感测围绕所述第二轴线的扭矩。
5. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,其中,在所述配置下,所述第三轴线和所述第四轴线垂直于彼此。
6. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,其中,在所述配置下,所述第三轴线和所述第四轴线垂直于所述第一轴线。
7. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,其中,所述第一铰接件为旋转接头。
8. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,其中,所述第二铰接件为旋转接头。
9. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,其中,所述第三铰接件为球形接头或一对旋转接头。
10. 根据权利要求9所述的手术机器人部件,其中,所述第三铰接件为万向接头。
11. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,其中,用于将所述附接件相对于所述基端段铰接的仅有装置为所述第一铰接件、所述第二铰接件和所述第三铰接件。
12. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,其中,所述附接件位于所述

第一轴线上。

13. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,所述手术机器人部件位于手术机器人臂的端部处,并且进一步包括附接至所述附接件的手术器械。

14. 根据权利要求13所述的手术机器人部件,其中,所述手术器械在基本上沿着所述第一轴线的方向上延伸。

15. 根据权利要求1至3中的任一项所述的手术机器人部件,所述手术机器人部件位于手术器械的端部处,并且进一步包括附接至所述附接件的手术末端执行器。

16. 根据权利要求15所述的手术机器人部件,其中,所述手术末端执行器在基本上沿着所述第一轴线的方向上延伸。

手术机器人腕部的扭矩感测

[0001] 本申请是申请号为201680027589.1(国际申请号PCT/GB2016/051389)、国际申请日为2016年05月13日、发明名称为“手术机器人腕部的扭矩感测”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及用于执行手术任务的机器人。

背景技术

[0003] 已经提出了用于执行或协助手术的机器人的各种设计。然而,许多机器人设计遇到的问题是,这些设计不适于执行各种各样的外科手术。一个常见的原因是,为了使手术机器人在各种各样的手术情况下都能很好地工作,手术机器人必须成功地平衡特定于手术环境的一组需求。

[0004] 通常,手术机器人具有机器人臂,使手术器械附接至机器人臂的远端。

[0005] 手术机器人的常见需求在于,其机器人臂应该提供能够将手术器械定位在各种各样的位置和取向之中的足够的机械柔性,使得手术器械的工作末端(末端执行器)能到达期望手术部位的范围。仅仅是这种需求的话可以通过具有六个自由度的常规的完全柔性机器人臂很容易地满足单独这种需求,如图1中说明的。然而,其次,手术机器人还必须能够定位其臂,使得器械的末端执行器非常准确地定位,机器人不会过大或过重。这种要求的出现是因为,不同于用于许多其他任务的大型机器人,(a)手术机器人需要紧贴着人安全地工作:不仅有患者,通常还有外科工作人员(诸如麻醉师和手术助手);以及(b)为了执行许多腹腔镜手术,有必要使多个末端执行器紧靠在一起,因此期望手术机器人臂足够小以使手术机器人臂能紧密地装配到一起。图1的机器人的另一问题在于,在一些手术环境下,没有足够的空间能够将机器人的基部定位在手术部位附近的便利位置中。

[0006] 许多机器人具有腕部(即臂的终端铰接结构),腕部包括允许围绕大致沿着臂的轴线旋转的两个接头(“翻滚接头”),并且在这两个接头之间包括允许围绕大致横向于臂的轴线旋转的一个接头(“俯仰接头”)。图2示出这样的腕部,其中翻滚接头被表示为1和3并且俯仰接头被表示为2。在腕部处于图2中示出的配置下的情况下,接头1至3的轴线分别被表示为4至6。该腕部给予器械7运动自由以占据基部居中于轴线4上的半球。然而,该腕部不适用于手术机器人。一个原因在于,当俯仰接头2从图2中示出的直线位置偏移一个小角度时,需要接头1大幅旋转以产生器械末端的一些相对较小的侧向运动。在这种条件下,当俯仰接头几乎成直线时,为了在合理的时间段内平稳地移动末端执行器时,对接头1的驱动必须能够非常快速地操作。该要求不容易与使臂小而轻相兼容,因为它需要相对较大的驱动马达和足够坚硬的臂以使马达能反作用抵抗,而不会使臂的位置摇晃。

[0007] 手术机器人的另一常见需求在于,手术机器人应该被设计成使得能测量施加到手术器械的力。因为在机器人手术期间,外科医生不与手术器械直接接触,所以与手动手术比较,触觉反馈丧失。该触觉感知丧失意味着,当使用手术器械时外科医生不知道施加多大的

力。这会影响外科医生的灵活性。另外,施加太大的力能在手术部位处导致患者的内部损伤,并且还能损伤手术器械和机器人臂。通过测量施加到手术器械的力,这些力能实施在力反馈机构中以向外科医生提供力反馈。例如,能使用触觉技术以将测量的力转换成与外科医生交互的输入装置中的物理感知,从而提供手动手术的触觉感知的另选。

[0008] 图2中示出的腕部实现了一些力测量。具体而言,竖直施加于手术器械上(由箭头8来说明)的力(即垂直于轴线5)能使用施加到俯仰接头2的扭矩传感器进行测量。然而,从其他方向施加到手术器械的力不能使用施加到腕部的扭矩传感器来感测。其他技术可以例如通过使用应变计来检测从其他方向施加的力。然而,这些其他技术需要将更多的传感器施加到机器人,因而需要更多的电子器件来传送并处理数据,这增加了机器人的重量和功率要求。

发明内容

[0009] 根据本发明的一个方面,提供了一种包括铰接终端部的手术机器人部件,所述终端部包括:远端段,附接件连接至所述远端段;中间段;基端段,由此将所述终端部附接至所述手术机器人部件的其余部分;位于所述远端段和所述中间段之间的第一铰接件,所述第一铰接件允许所述远端段和所述中间段围绕第一轴线相对旋转;位于所述中间段和所述基端段之间的第二铰接件,所述第二铰接件允许所述中间段和所述基端段围绕第二轴线相对旋转;其中:所述中间段包括:第三铰接件,所述第三铰接件允许所述远端段和所述基端段围绕第三轴线和第四轴线相对旋转;第一扭矩传感器,所述第一扭矩传感器用于感测围绕所述第三轴线的扭矩;和第二扭矩传感器,所述第二扭矩传感器用于感测围绕所述第四轴线的扭矩;并且所述第一铰接件、第二铰接件和第三铰接件被布置成使得在所述第三铰接件的至少一种配置下,所述第一轴线和第二轴线是平行的并且所述第三轴线和第四轴线横向于所述第一轴线。

[0010] 所述终端部可进一步包括第三扭矩传感器,所述第三扭矩传感器用于感测围绕所述第一轴线的扭矩。所述终端部可进一步包括第四扭矩传感器,所述第四扭矩传感器用于感测围绕所述第二轴线的扭矩。

[0011] 适当地,在所述配置下,所述第三轴线和第四轴线横向于彼此。适当地,在所述配置下,所述第三轴线和第四轴线垂直于彼此。在所述配置下,所述第三轴线和第四轴线可垂直于所述第一轴线。在所述配置下,所述第一轴线和第二轴线可以是共线的。

[0012] 所述第三轴线和第四轴线可彼此交叉。

[0013] 所述第一铰接件可以是旋转接头。所述第二铰接件可以是旋转接头。所述第三铰接件可以是球形接头或一对旋转接头。所述第三铰接件可以是万向接头。

[0014] 适当地,用于将所述附接件相对于所述基端段铰接的仅有装置为所述第一铰接件、第二铰接件和第三铰接件。

[0015] 所述附接件可位于所述第一轴线上。

[0016] 适当地,所述手术机器人部件位于手术机器人臂的端部处,并且手术器械附接至所述附接件。所述手术器械可在基本上沿着所述第一轴线的方向上延伸。

[0017] 另选地,所述手术机器人部件位于手术器械的端部处,并且手术末端执行器附接至所述附接件。所述手术末端执行器可在基本上沿着所述第一轴线的方向上延伸。

附图说明

- [0018] 现在将参考附图通过举例的方式描述本发明。在附图中：
- [0019] 图1示出了现有技术机器人臂；
- [0020] 图2示出了现有技术机器人腕部；
- [0021] 图3示出了根据本发明的一个实施方式具有与之附接的手术器械的机器人臂；
- [0022] 图4a、图4b和图4c示出了手术腕部。腕部在图4a、图4b和图4c中以三种不同的配置进行说明；
- [0023] 图5示出了手术器械；
- [0024] 图6示出了另一手术器械；以及
- [0025] 图7示出了机器人臂的另选设计。

具体实施方式

[0026] 图3的手术机器人臂具有腕部，其中允许围绕大致横向于臂的远端部的轴线旋转的两个接头位于允许围绕大致平行于臂的远端部的轴线旋转的两个接头之间。这种布置允许器械在使基部居中于臂的远端部分上的半球形空间中移动，但无需接头之一的高速运动以便使末端执行器平稳地移动，并且无需臂的任何其他部分的运动。

[0027] 更具体地，图3示出了具有与之附接的手术器械11的机器人臂（总体表示为10）。机器人臂从基部12延伸。基部可以安装到手术室地板或固定底座，可以是移动推车或小车的一部分，可以安装到床上或者可以安装到手术室的天花板。当进行手术时，基部相对于患者的床或椅子被固定到位。机器人臂包括总体示出为13的腕部和总体示出为14的主体部。主体部构成臂的大部分范围并且在其附件中的远端处终止于腕部。主体部的近端附接至基部。腕部构成臂的远端部分并且附接至主体部的远端。

[0028] 臂的主体部包括四个接头15、16、17、18和三个轴区段19、20、21。接头为旋转接头。除了分别设置到轴区段19和20中的接头15和17，轴区段是刚性的。每个轴区段均可具有相当长的长度，并且用于为臂提供将腕部从基部侧向和/或竖直偏移的范围和能力。如果基部位于合适的位置；特别是如果基部从地板提升，则第一轴区段可以相对于所述第二轴区段和第三轴区段被截断。

[0029] 第一轴区段19附接至基部12。实际上，第一轴区段能便利地在大致直立方向上从基部延伸，但可以与竖直明显倾斜地延伸，或者甚至水平地延伸。

[0030] 接头15位于第一轴区段中。接头15允许第一轴区段的近端部分（固定到基部）和臂的其余部分围绕轴线22相对旋转。便利地，轴线22与第一轴区段的主要范围（形成臂，从基部朝向接头16延伸）平行或基本平行。因此，便利地，轴线22与第一轴区段的主要范围（形成臂）的角度可以小于30°、小于20°或小于10°。轴线22可以是竖直或基本竖直的。轴线22可以在基部和接头16之间延伸。

[0031] 接头16位于第一轴区段19的远端处。接头16允许第一轴区段19和第二轴区段20（附接至接头16的远端）围绕横向于第一轴区段19和/或第二轴区段20的轴线23相对旋转。便利地，轴线23垂直或基本垂直于第一轴区段和第二轴区段中的任一者或两者。因此，便利地，轴线23与第一轴区段和第二轴区段中的任一者或两者的主要范围的角度可以大于60°、大于70°或大于80°。便利地，轴线23垂直或基本垂直于轴线22和/或轴线24（将在下面描

述)。

[0032] 接头17位于第二轴区段中。接头17允许第二轴区段的近端部分和臂的其余部分围绕轴线24相对旋转。便利地,轴线24与第二轴区段的主要范围平行或基本平行。因此,便利地,轴线24与第二轴区段的主要范围的角度可以小于30°、小于20°或小于10°。轴线24可以与轴线23和轴线25(将在下面描述)(例如50mm内)交叉或基本交叉。在图3中,接头17示出为相比第二轴区段的近端更接近远端。这是有利的,因为它减少了接头17处旋转所需要的重量,但接头17可以位于第二轴区段上的任何点。便利地,第二轴区段长于第一轴区段。

[0033] 接头18位于第二轴区段20的远端处。接头18允许第二轴区段和第三轴区段21(附接至接头18的远端)围绕横向于第二轴区段20和/或第三轴区段21的轴线25相对旋转。便利地,轴线25垂直或基本垂直于第二轴区段和第三轴区段中的任一者或两者。因此,便利地,轴线25与第二轴区段和第三轴区段中的任一者或两者的主要范围的角度可以大于60°、大于70°或大于80°。便利地,轴线25垂直或基本垂直于轴线24和/或轴线29(将在下面描述)。

[0034] 总之,然后,在一个示例中,臂的主体部能由如下要素构成(按照从基部到主体部的远端的顺序):

[0035] 1、第一轴区段19,第一轴区段19具有相当长或不太长的长度并且包含允许例如围绕大致沿着第一轴区段的范围(如果有的话)(形成臂)的轴线旋转的接头15(“翻滚接头”);

[0036] 2、接头16,接头16允许横向于第一轴区段和/或前一个接头(接头15)的轴线和/或后续接头(接头17)(“俯仰接头”)的轴线旋转;

[0037] 3、第二轴区段20,第二轴区段20具有相当长的长度并且包含允许围绕大致沿着第二轴区段的范围的轴线和/或前一个接头(接头16)的轴线和/或后续接头(接头18)(翻滚接头)的轴线旋转的接头17;

[0038] 4、接头18,接头18允许横向于第二轴区段和/或前一个接头(接头17)和/或后续接头(接头28)(俯仰接头)旋转;以及

[0039] 5、第三轴区段21,第三轴区段21具有相当长的长度。

[0040] 腕部13附接至第三轴区段的远端。更具体地,图4a、图4b和图4c说明了手术腕部,诸如图1的腕部13。在图4a、图4b和图4c中,图4a示出了直线配置下的腕部,图4b示出了因接头26处的运动而处于弯曲配置下的腕部,并且图4c示出了因接头26、27和28处的运动而处于弯曲配置下的腕部。直线配置表示腕部的横向接头(26,27)的运动的中点。

[0041] 在图4a、图4b和图4c中,腕部被标记为13。图4a、图4b和图4c说明了腕部实施在图3的机器人臂中的示例。在该实施例中,第三轴区段的远端部分在图4a、图4b和图4c中被标记为21a。由接头28将腕部附接至第三轴区段的远端。接头28是允许腕部相对于臂的远端围绕轴线29旋转的旋转接头。便利地,轴线29与第三轴区段的主要范围平行或基本平行。因此,便利地,轴线29与第三轴区段的主要范围的角度可以小于30°、小于20°或小于10°。轴线29可以与轴线25(例如50mm内)交叉或基本交叉。便利地,轴线29横向于轴线25。

[0042] 在另选实施例中,腕部13被实施在手术器械中。腕部被实施在手术器械的远端中。手术器械的近端附接至机器人臂。在该实施例中,由接头28将腕部附接至手术器械的轴。如上所述,接头28是允许腕部相对于器械轴围绕轴线29旋转的旋转接头。便利地,轴线29与器械轴的主要范围平行或基本平行。因此,便利地,轴线29与器械轴的主要范围的角度可以小于30°、小于20°或小于10°。

[0043] 腕部的近端由腕部基部块30构成。腕部基部块30附接至接头28。在腕部附接至图3的机器人臂的情况下，腕部基部块30抵接第三轴区段21的远端。另选地，在腕部附接至手术器械的情况下，腕部基部块30抵接器械轴的远端。腕部基部块是刚性的并且包括基部33，借助基部33将其附接至接头28。腕部基部块还包括一对间隔开的臂31、32，这一对间隔开的臂31、32在远离第三轴区段21a或器械轴(与腕部基部块附接)的方向上从腕部基部块的基部33延伸。中间构件34枢转地悬置在臂31、32之间，使得中间构件34能相对于臂31、32围绕轴线35旋转。这构成了腕部的旋转接头27。便利地，中间构件34采取可呈现十字形状的刚性块的形式。腕部头部块36附接至中间构件34。腕部头部块是刚性的并且包括：头部37，借助头部37将腕部头部块附接至接头38(将在下面描述)；和一对间隔开的臂39、40，臂39、40从头部37朝向中间构件34延伸。臂39、40包围中间构件34并且枢转地附接至中间构件34，使得腕部头部块能相对于中间构件围绕轴线41旋转。这提供了腕部的旋转接头26。轴线35和41以相当大的角度彼此偏移。轴线35和41便利地横向于彼此，最便利地正交于彼此。便利地，轴线35和41能交叉或基本交叉(例如50mm内)。然而，中间构件可以具有一定的范围使得其轴线纵向偏移。轴线35和29便利地横向于彼此，最便利地正交于彼此。轴线35和29能便利地交叉或基本交叉(例如50mm内)。轴线35和29能便利地在单个点处与轴线41交叉，或者三个轴线可在单个点处基本交叉(例如通过全部与半径50mm的球体交叉)。

[0044] 以这种方式，腕部基部块、中间构件和腕部头部块一起形成万向接头。万向接头允许腕部头部块面对使其基部垂直于接头28的轴线29的半球的任何方向。腕部基部块和腕部头部块之间的联接可以由其他类型的机械联接构成，例如由球接头或等速接头构成。优选地，所述联接一般作为球形接头，但是不需要允许腕部基部块和腕部头部块的相对轴向旋转，因为这样的运动被接头28和38接纳。另选地，可以考虑接头26、27和28共同形成球形接头。球形接头可以作为球接头提供。

[0045] 由旋转接头38将终端单元42附接至腕部头部块的头部37。接头38允许终端单元相对于头部块围绕轴线43旋转。轴线43和41便利地横向于彼此，最便利地正交于彼此。轴线35和29能便利地交叉或基本交叉(例如50mm内)。轴线35和29能便利地在单个点处与轴线41交叉，或者三个轴线可在单个点处基本交叉(例如通过全部与半径50mm的球体交叉)。

[0046] 腕部13还包括一系列扭矩传感器S₁、S₂、S₃和S₄。每个扭矩传感器均与接头关联，并且感测围绕接头旋转轴线所施加的扭矩。S₁与接头27关联并且感测围绕轴线35的扭矩。S₂与接头26关联并且感测围绕轴线41的扭矩。S₃与接头28关联并且感测围绕轴线29的扭矩。S₄与接头38关联并且感测围绕轴线43的扭矩。扭矩传感器的输出被传递到控制单元(未示出)，在控制单元处，扭矩传感器的输出形成处理器(未示出)的输入。处理器还可接收来自马达的输入，从而驱动所感测的接头。处理器从而分解了由于马达所驱动的运动而施加到接头的扭矩以及由于外力而施加到接头的扭矩。扭矩传感器S₁、S₂、S₃和S₄都可施加到腕部13。另选地，S₃和/或S₄可被省略。

[0047] 在腕部位于图3的机器人臂的远端处的实施例中，终端单元42具有能使手术器械11与之附接的连接器(诸如插座或夹子)。图5更具体地示出该手术器械。器械在器械基部50中包括细长的器械轴51，可选地包括一个或多个接头52和末端执行器53。例如，末端执行器可以是夹具、一对剪子、相机、激光器或刀。终端单元42的器械基部和连接器被协作地设计，使得器械基部能在轴远离器械基部延伸的情况下以可释放的方式附接至连接器。便利地，

轴远离器械基部在横向于接头26的轴线以及/或者与接头38的轴线43平行或基本平行和/或同轴或基本同轴的方向上延伸。这意味着,末端执行器凭借腕部的接头具有相当大的运动范围,并且腕部的接头能便利地用于定位末端执行器。例如,在器械轴的伸长部沿着轴线43延伸的情况下,接头38能纯粹地用于用侧向分量来定向末端执行器,而不会使器械轴51的部分或全部移动,使得可以导致从中插入轴而到达手术部位的患者组织受到干扰。器械轴的伸长部远离上述腕部延伸的事实意味着,腕部具有类似于外科医生腕部的一定程度的铰接件。这样做的一种结果是,由人类实践的许多手术技术能容易转化为该机器人臂的运动。这能帮助减少设计已知外科手术的机器人特定版本的需要。便利地,轴形成为基本线性的刚性杆。

[0048] 在上面的描述中,腕部基部块30的长度小于机器人臂的最终轴区段21的长度。这是有利的,因为减轻了在接头28处旋转所需要的重量。然而,相比接头26和27,接头28可以更接近接头25。

[0049] 在腕部位于手术器械的远端处的实施例中,终端单元42连接到末端执行器53。图6更具体地示出该手术器械。器械包括器械基部50、细长的器械轴51、腕部13和末端执行器53。末端执行器可采取上述任何形式。末端执行器53和终端单元42被设计成使得运动能通过终端单元42传递到末端执行器53。末端执行器的接头可由与器械连接的机器人臂中的动力装置驱动。运动可通过机器人臂和器械中的线缆或连杆而传递至接头。

[0050] 将理解,图4a、图4b和图4c的腕部具有运动学冗余。末端执行器53可以仅仅通过接头28和27的运动而放置在围绕轴线29的半球中的各种各样的位置中。然而,已经发现,增加接头26通过单独地消除由接头对28、27产生的运动学奇异点而极大地改进出于手术目的对机器人的操作。增加接头26还简化了使末端执行器在患者体内移动的机构,使得多个机器人臂能彼此更紧密地工作,这将在下面更具体地描述。

[0051] 参照图4a,在腕部13位于机器人臂的远端处的情况下,当力8竖直地施加到手术器械(即垂直于轴线41)时,这会导致腕部围绕轴线41旋转。更具体而言,沿方向8施加的力的分解分量导致腕部围绕轴线41旋转。扭矩传感器S₂感测该扭矩,并且将感测到的扭矩输出到处理器。当力9侧向地施加到手术器械(即垂直于轴线35)时,这会导致腕部围绕轴线35旋转。更具体而言,沿方向9施加的力的分解分量导致腕部围绕轴线35旋转。扭矩传感器S₁感测该扭矩,并且将感测到的扭矩输出到处理器。因此,施加到手术器械的负载由腕部测量。通常,施加到手术器械的力导致围绕多个接头的扭矩。平行于轴线35和41的平面施加到手术器械的任何力都能由扭矩传感器S₁和S₂感测。处理器分解扭矩传感器S₁和S₂的输出以确定施加到手术器械的扭矩的方向和大小。

[0052] 在腕部13位于手术器械的远端处的情况下,然后如关于前面段落中的手术器械描述的,能检测施加到末端执行器53的力。

[0053] 图3的机器人臂的每个接头均能独立于其他接头由一个或多个动力装置(诸如,电动马达或液压活塞)驱动。动力装置可以局部地位于相应的接头处,或者可以更接近机器人的基部并由联接件(诸如,线缆或连杆)联接到接头。动力装置能由机器人的用户控制。用户可以通过一个或多个人造输入装置(诸如,操纵杆)或者通过源自作用于用户所移动的主臂上的传感器的输入来实时控制动力装置。另选地,动力装置可以由已被预编程以执行外科手术的计算机自动控制。计算机能够读取存储由计算机执行的非易失性程序的计算机可读

存储器,导致机器人臂执行一个或多个外科手术。

[0054] 图7示出了手术臂的另选设计。图7的臂包括基部112、四个接头115、116、117、118、三个轴区段119、120、121和腕部单元113。接头为旋转接头。除了接头115和117,轴区段是刚性的。手术器械111附接至腕部单元的终端部分。

[0055] 第一轴区段119从基部112延伸并且包括接头115。由接头116将第一轴区段119附接至第二轴区段120。第二轴区段120包括接头117。由接头118将第二轴区段附接至第三轴区段121。第三轴区段121终止于旋转接头128中,借此附接至腕部单元113。腕部单元包括一对中间旋转接头126、127(一起构成万向接头)和终端旋转接头138。

[0056] 如同图3的机器人臂中的类似接头,以下各对接头中的每者的轴线可独立地横向于彼此,基本正交于彼此(例如,与正交成30°、20°或10°的任何角度内)或正交于彼此:115和116、116和117、117和118、118和128、128和126、128和127、126和138、127和138、126和127。如同图3的机器人臂中的类似接头,以下接头的轴线可独立地与将接头设置在其中或其上的轴的伸长部的主要轴线对准(例如以30°、20°或10°的任何角度内)或平行:接头117(具有轴区段120)、接头128(具有轴区段121)。如同图3的机器人臂中的类似接头,腕部可被配置成使得接头128和138的轴线能在臂的一种或多种配置下被对准。便利地,此对准可发生在腕部处于其侧向运动的中间范围内的时候。如同图3的机器人臂中的类似接头,便利地,器械111的伸长部的轴线可与接头138的轴线对准(例如以30°、20°或10°的任何角度内)或平行。器械的伸长部的轴线可与接头138的轴线一致。

[0057] 图7的机器人臂与图3的机器人臂不同之处在于,臂区段119、120、121被配置成使得接头116的轴线相对于接头115和117的轴线具有相当大的侧向偏移,并且使得接头118的轴线相对于接头116和118的轴线具有相当大的侧向偏移。例如,这些偏移中的每个均可独立地大于50mm、80mm或100mm。该布置的有利之处在于,增加了臂的可动性而不会增加接近器械末端的扫掠体积。

[0058] 在图7的机器人臂中,旋转接头的最接近基部(接头115)的轴线相对于竖直以相当大的偏移被固定,例如偏移至少30°。这可通过以适当的取向固定基部来实现。如果臂被设置成使得接头115的轴线大致远离末端执行器,如图7中说明的,这降低了手术期间接头115和接头117之间的运动学奇异点的可能性。

[0059] 因此,图7的臂具有在手术机器人臂中可能有利的许多一般特性。

[0060] -包括沿着其长度的一系列旋转接头,按照沿着臂的顺序包括一系列四个接头,这些接头在以下两者之间交替:(a)具有大致朝向序列中的下一个接头(“翻滚接头”)延伸的轴线和(b)具有大致横向于序列中的下一个接头(“俯仰接头”)的轴线延伸的轴线。因此,图7的臂包括翻滚接头115和117以及俯仰接头116和118。该一系列接头能为臂提供高度可动性,而臂不需要较重或笨重或者包括过多数量的接头。如上所述,交替的接头能有用地彼此侧向偏移。

[0061] -包括开始于翻滚接头(128)处并具有两个俯仰接头(126,127)的腕部区段。腕部的俯仰接头能共同定位成使得它们的轴线在臂的所有配置下交叉。该一系列接头能为末端执行器提供围绕臂端部的高度可动性。

[0062] -终止于旋转接头(138)的腕部区段,旋转接头(138)的轴线与手术器械的延伸部的轴线一致。最便利地,器械轴线性地伸长并且接头的轴线与轴对准。该布置能通过单个接

头处的运动而允许末端执行器容易旋转至期望取向,而不会过度干扰患者的伤口通道。如果没有该布置,则必须控制臂的接头一起移动,以实现器械轴围绕其自身的轴线旋转。这将需要增加臂的肘接头的工作空间使之横跨其运动范围摆动以实现器械的期望运动。对在机器人臂周围工作的手术室工作人员而言,大接头工作空间是不期望的。该布置还能减少对执行器械本身的等效功能的接头的需要。

[0063] -近端旋转接头(115),其基本上相对于竖直偏移并且最便利地远离患者的手术部位。这减少了此接头与臂的另一接头具有运动学奇异点的可能性。

[0064] 如上文讨论的,使用上文限定的术语,图3和图7的臂中按照朝向臂远端的顺序的一系列近端接头是翻滚接头、俯仰接头、翻滚接头和俯仰接头。该一系列接头可表示为RPRP,其中“R”表示翻滚接头、“P”表示俯仰接头和从臂的近端朝向远端串联列出的接头。使用相同的术语,用于手术臂的其他便利接头序列包括以下几种:

[0065] 1、PRPRP:即图3和图7的机器人臂的接头序列,但在RPRP接头序列和基部之间具有附加俯仰接头。

[0066] 2、RPRPR:即图3和图7的机器人臂的接头序列,但在RPRP接头序列和腕部之间具有附加翻滚接头。

[0067] 3、RPRPRP:即接连一系列三个RP对,类似于图3和图7的机器人臂的接头序列,但在RPRP接头序列和基部之间具有附加俯仰接头并且在RPRP接头序列和腕部之间具有附加翻滚接头。

[0068] 其他接头可以被添加至臂。

[0069] 这些臂中的每个均可以具有图3或图7所示类型的腕部。接头28、38中的一者可以从腕部省略。

[0070] 如上所述,图5的手术器械可在其末端附近具有一个或多个接头52。如果机器人臂具有本文描述的类型,则手术器械可便利地仅包括两个接头。这些接头能便利地是使其轴线横向于器械轴51延伸的旋转接头。这些接头的轴线可以交叉,从而形成万向接头,或者可以在器械轴的伸长方向上偏移。器械的接头可以由臂中的动力装置驱动,并且运动通过器械中的线缆或连杆传递至接头。腕部单元的终端部分中的连接器和器械基部50可被配置成将这样的运动传递到器械中。便利地,器械上的接头不包括使其轴线与器械轴对准的旋转接头。将由这样的接头提供的运动能便利地由机器人臂的腕部上的接头38提供。在许多外科手术中,这样的运动是不需要的。器械往往是一次性的;因此能通过从器械中省略这样的接头而降低成本。省略这样的接头还简化了器械和臂之间所需的机械交互,因为针对此接头的运动不需要传输到器械中。

[0071] 扭矩传感器可以是与腕部直接接触的传感器。例如,基于阻力的应变计可用作扭矩传感器。其直接连接到腕部的旋转部。在围绕旋转轴线施加扭矩时,应变计变形,从而改变其阻力。这种阻力变化例如由电桥电路测量并且输出到控制单元的处理器。处理器将围绕轴线施加的扭矩确定为阻力变化的函数。

[0072] 作为另一示例,压电应变计可用作扭矩传感器。同样,其直接连接到腕部的旋转部。应变计由压电材料制成,压电材料在发生应变时产生横跨其上的电压。在围绕旋转轴线施加扭矩时,压电应变计变形,从而产生横跨其上的电压,电压被测量并输出到控制单元的处理器。处理器将围绕轴线施加的扭矩确定为电压变化的函数。

[0073] 扭矩传感器可以是不与腕部直接接触的传感器。例如，基于磁致伸缩的应变计可用作扭矩传感器。磁致伸缩材料被沉积在腕部的旋转部上。在围绕旋转轴线施加扭矩时，受到应力的磁致伸缩材料产生外部磁通量。紧靠磁致伸缩材料定位但不与正移动的接头接触的传感器拾取产生的电流，并将电流输出到控制单元的处理器。处理器将围绕轴线施加的扭矩确定为所产生的电流的函数。

[0074] 通过使信号穿过从外部附接至机器人主体的外壳的导线，扭矩传感器的输出可传递至控制单元。另选地，导线可从内部顺着机器人臂的轴芯通向控制单元。另选地，扭矩传感器和控制单元能够是进行无线通信。在这种情况下，扭矩传感器的输出由扭矩传感器无线传输到控制单元。

[0075] 控制单元可实施力反馈机构，力反馈机构用于将围绕腕部接头感测到的扭矩转换成外科医生的力反馈。例如，触觉技术可用于将感测到的扭矩转换成外科医生与之交互的输入装置中的物理感知。

[0076] 在手术用途中，图3的机器人臂可以被无菌手术单覆盖以保持臂与患者的分离或密封。这能避免在手术之前给臂消毒的需要。相反，器械将暴露于手术单的患者侧；或者由于器械延伸穿过手术单中的密封件，或者由于手术单被夹在腕部单元的终端部分中的连接器和器械基部50之间。一旦器械已附接至臂，器械就能用于执行手术。在执行手术中，能首先操纵臂，使得器械轴51的轴线与患者外部的期望进入点（例如患者皮肤中的切口）和期望手术部位之间的轴线对准。然后，能操纵机器人臂将器械插入穿过切口并且在平行于器械轴轴线的方向上向前运动，直到末端执行器到达手术部位。其他工具能由其他机器人臂以类似的方式插入。一旦需要的工具到达手术部位，就能进行手术，工具能从患者身体中取出并且切口能例如通过缝合而闭合。如果当器械位于患者中时期望在横向于器械轴轴线的方向上移动末端执行器，则这样的运动优选地通过器械轴围绕位于使器械穿过的切口处的运动中心旋转来执行。这避免使切口变大。

[0077] 上述类型的机器人臂能提供用于执行外科手术的一系列优点。首先，因为不包括过多数量的接头但是仍提供了整体上定位器械所需的运动范围，特别是采取机器人臂的各种各样的位置和取向的器械的末端执行器能相对较小且重量较轻。例如当手术室正在接收患者时护士在臂周围工作的时候，这能减少人身因臂的非期望运动而受伤的可能性。还能改进多个这样的臂抵达手术部位的可接近性，尤其是针对诸如ENT（耳鼻喉）手术的手术部位，在这些手术部位，通常多个器械必须经由小的开口接近手术部位。类似的考虑出现在例如：腹部手术中，多个器械通常从肚脐附近的区域进入患者并且从胸腔内部延伸到患者的腹部中；以及骨盆区域的手术，器械能逼近手术部位的方向由于需要避免骨盆骨及其他内部结构而受限。类似地，具有提高运动范围的臂能更容易地将多个机器人的基部定位在手术部位周围，因为外科工作人员在机器人基部的定位方面有更大的自由。这能帮助避免重新设计现有手术室工作流程以接纳机器人的需要。其次，臂提供足够的冗余运动以使外科工作人员灵活地将机器人的基部相对于患者定位。如果多个机器人需要在较小手术部位处工作，如果手术室中存在附加设备或者如果患者的尺寸异常，这一点很重要。再次，当腕部区段包括靠近一对交叉轴线俯仰接头的翻滚接头（如图4a、图4b和图4c）时，特别是如果另外臂和器械被配置成使得器械轴直接远离这些俯仰接头延伸，则腕部的运动接近人身的运动，更容易进行常规的外科手术，使得能由机器人执行外科手术。腕部和器械之间的这些关

系也协助使多个臂能够在手术部位附近紧密地逼近彼此,因为主要臂构件(例如21和121)的终端区段能相对于器械轴倾斜而不损害器械轴的运动自由度。这部分地是因为当末端执行器需要通过围绕位于器械轴进入患者的外部进入点处的中心旋转而在患者内移动时,此旋转能排外地由腕部来提供,而不受运动学奇异点或具有空间偏移轴线的多个接头之间的复杂交互的影响,同时臂的其余部分仅仅将腕部平移至需要的位置。当机器人处于计算机的控制下时,可定义计算机的程序以导致机器人通过使末端执行器围绕沿着器械轴的点旋转而平移末端执行器的位置。该点可与切入患者的切口一致或者在切口的远端。通过命令腕部的动力驱动器以导致接头26和/或27使器械围绕该点旋转,并且通过同时命令用于臂的其余部分的动力驱动器以导致腕部平移,程序可这样实现末端执行器的所述平移。

[0078] 申请人在此孤立地公开本文描述的每个单独特征以及两个以上这样的特征的任何组合,只要这样的特征或组合能够根据本领域技术人员的普通常识整体地基于本说明书进行,而不管这样的特征或特征组合是否解决本文公开的任何问题,并且不限制权利要求的范围。申请人指出,本发明的方面可由任何这样的单独特征或特征组合组成。鉴于前述描述,对本领域技术人员而言将显而易见的是,可在本发明的范围内做出各种修改。

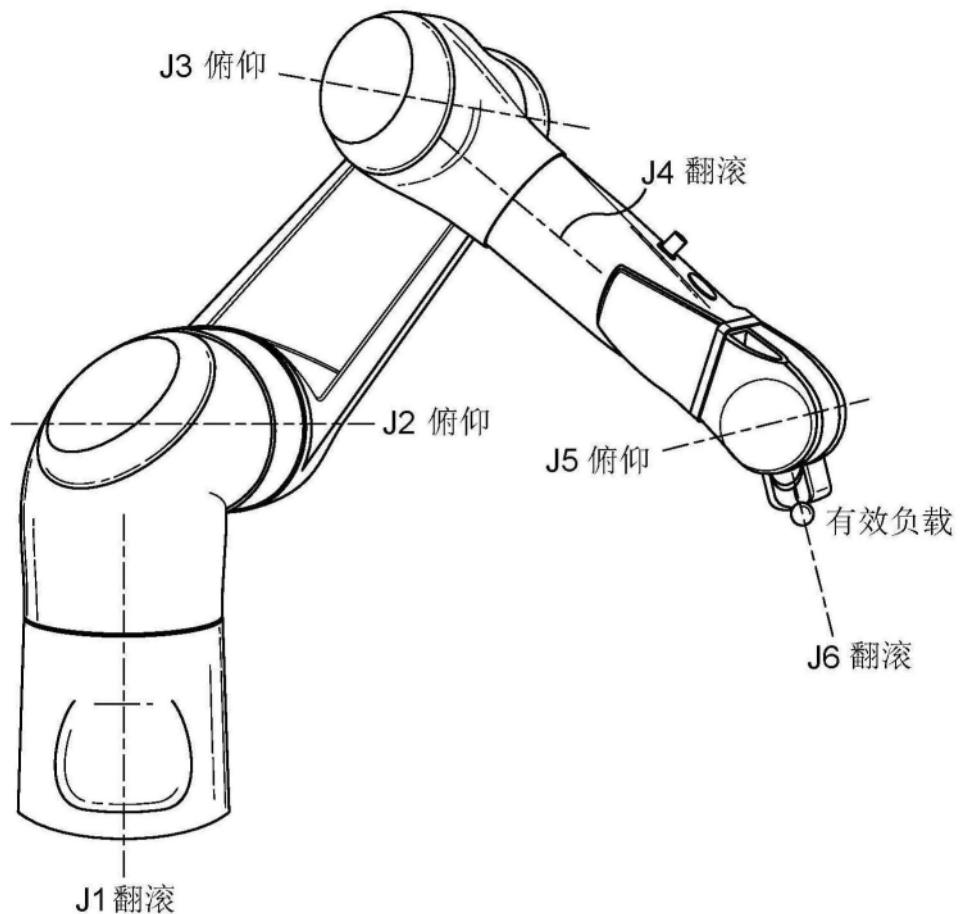


图1

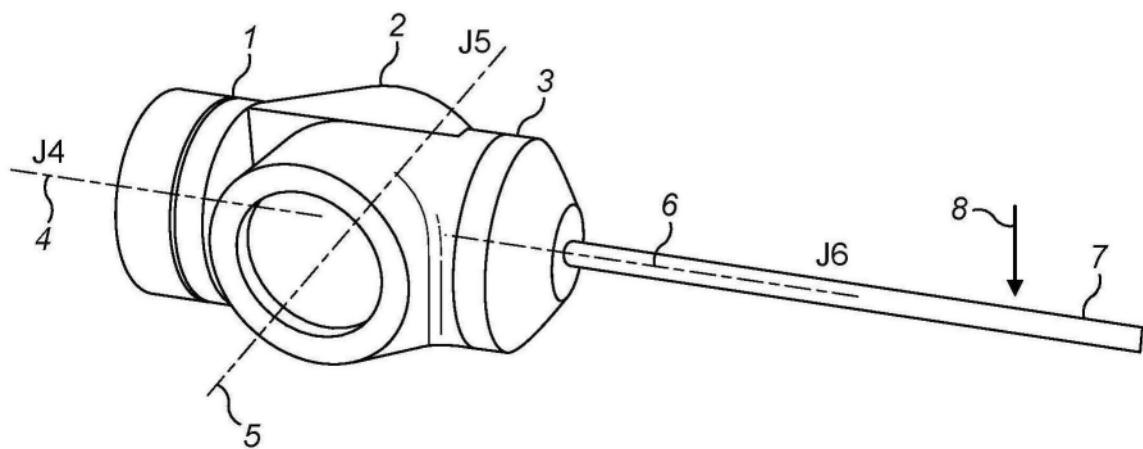


图2

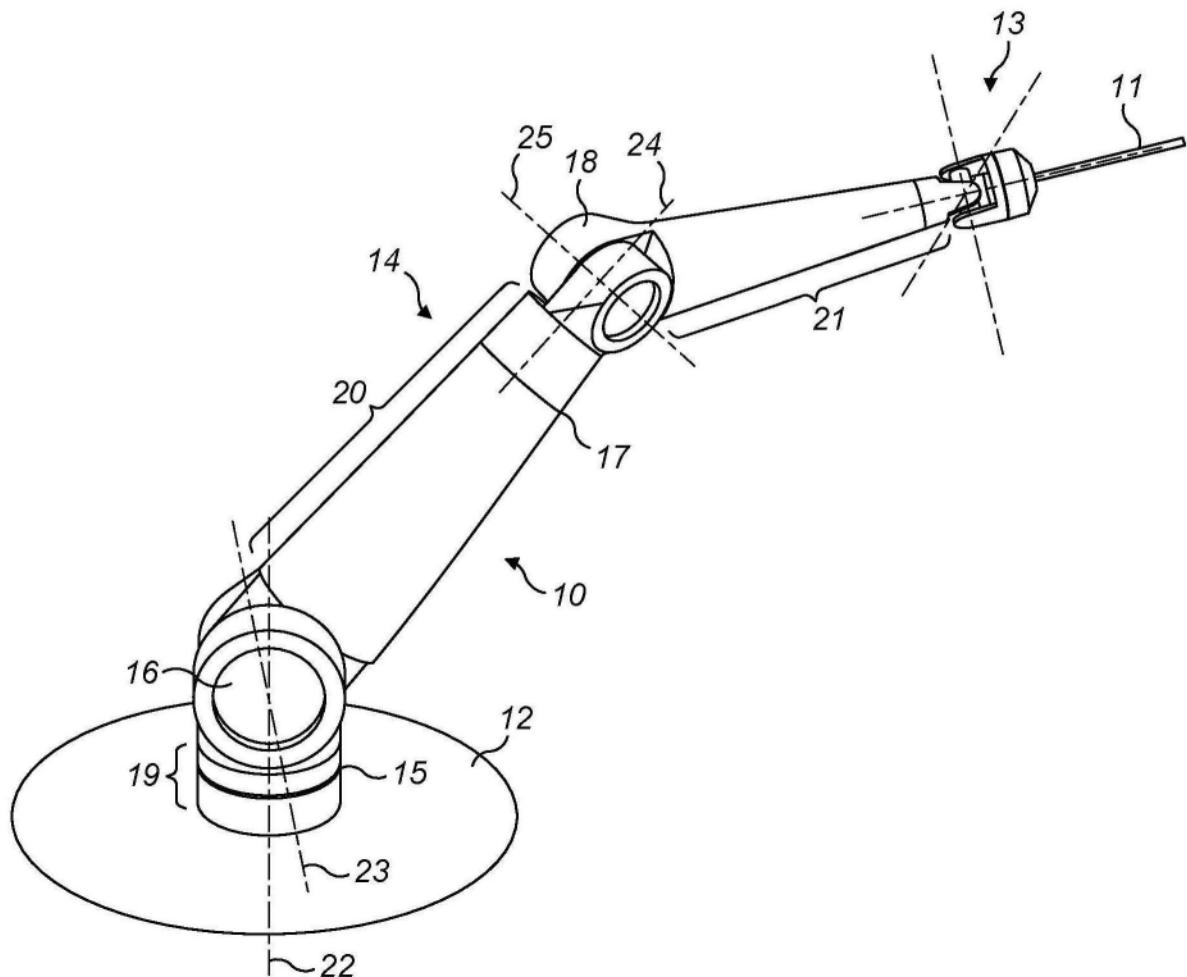


图3

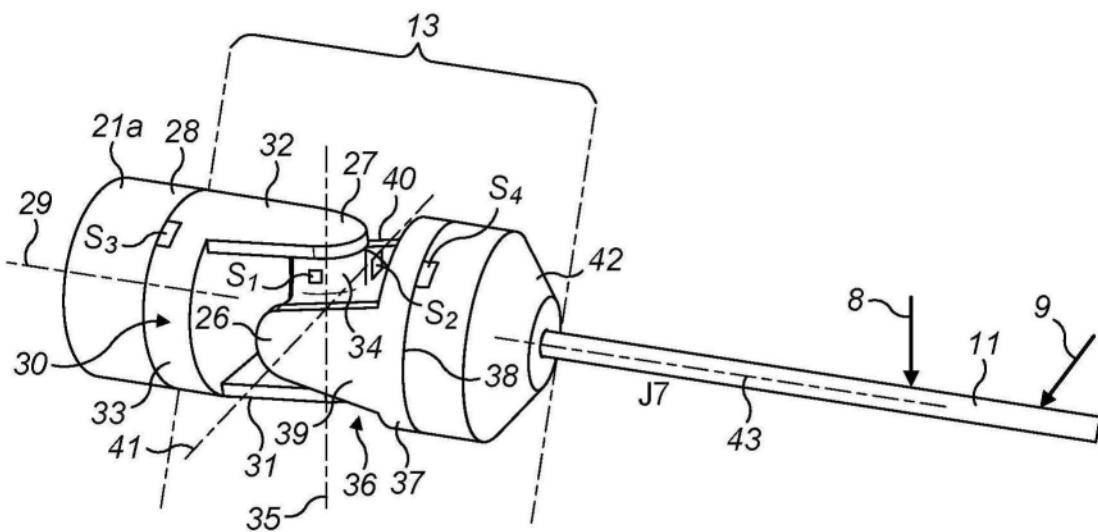


图4a

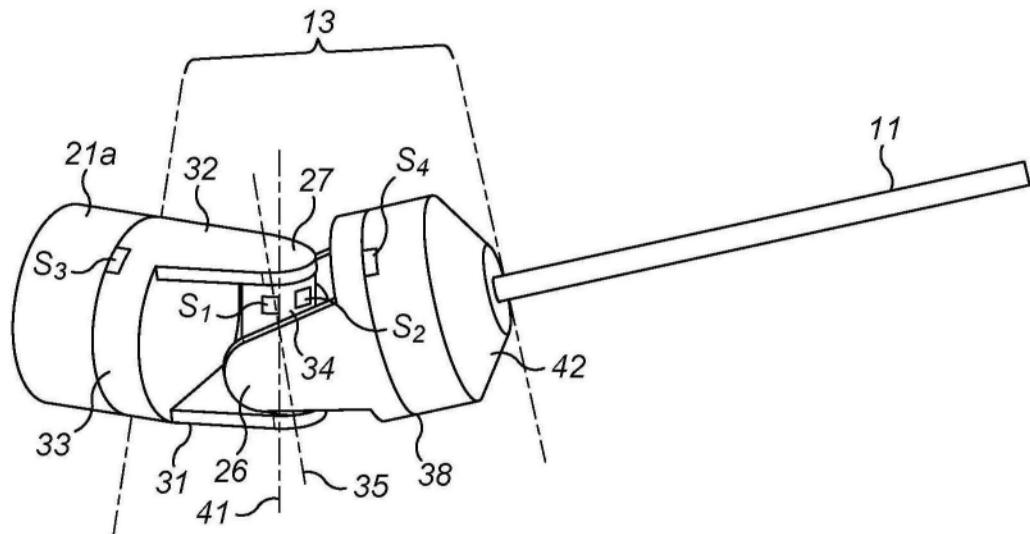


图4b

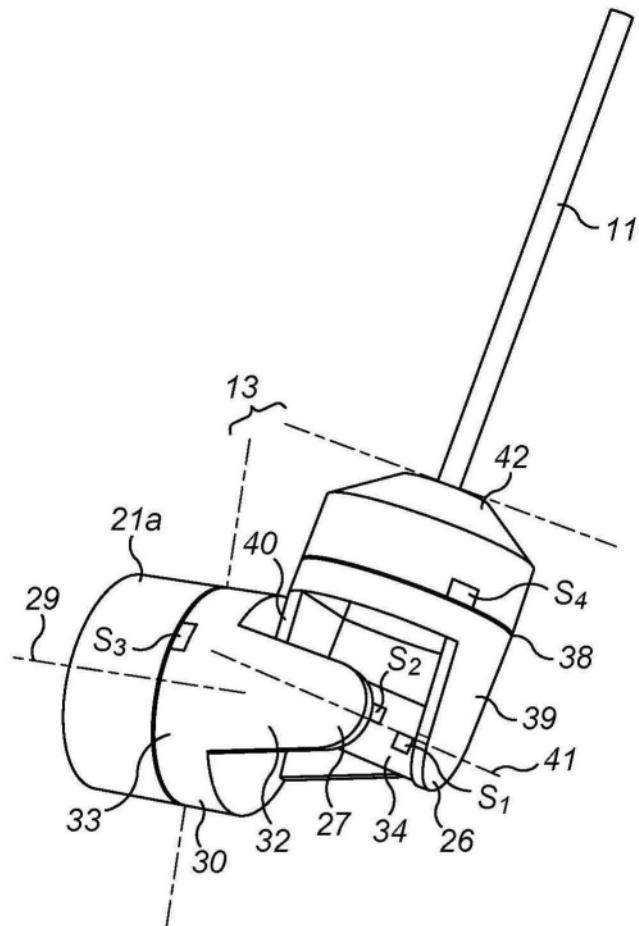


图4c



图5

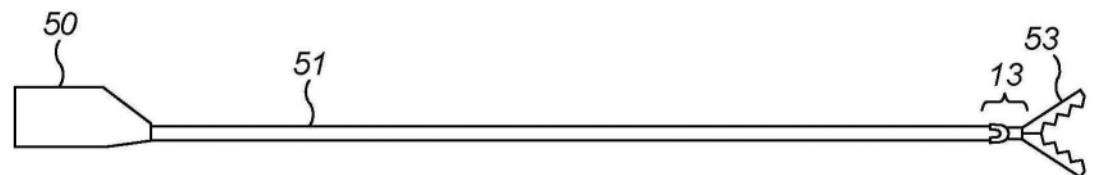


图6

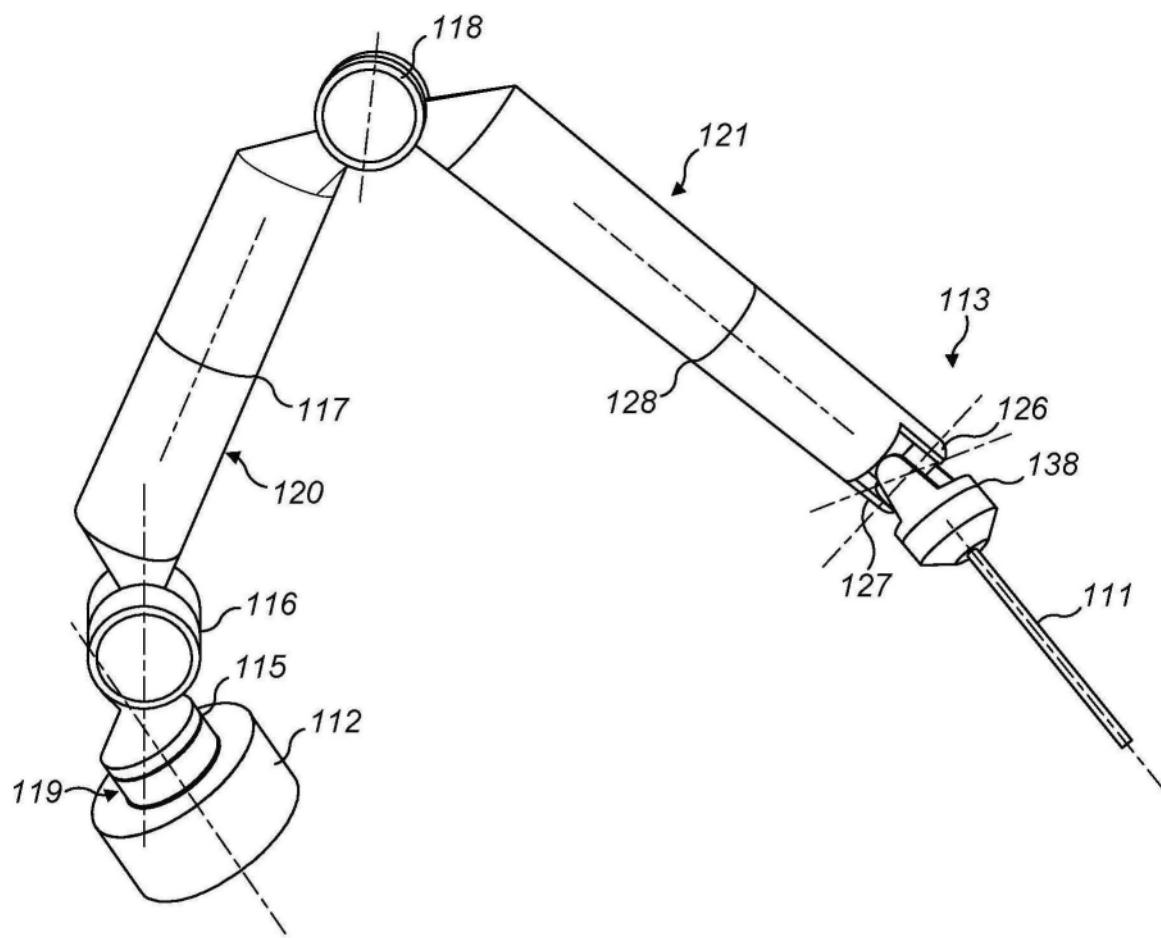


图7