



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101883529 A

(43) 申请公布日 2010. 11. 10

(21) 申请号 200880118492. 7

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2008. 11. 17

A61B 17/32(2006. 01)

(30) 优先权数据

G10K 11/24(2006. 01)

11/998, 758 2007. 11. 30 US

A61B 17/22(2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 05. 31

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/083735 2008. 11. 17

(87) PCT申请的公布数据

W02009/070462 EN 2009. 06. 04

(71) 申请人 伊西康内外科公司

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 F·B·斯图伦恩 K·L·豪瑟

E·T·韦恩纳

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 苏娟 刘迎春

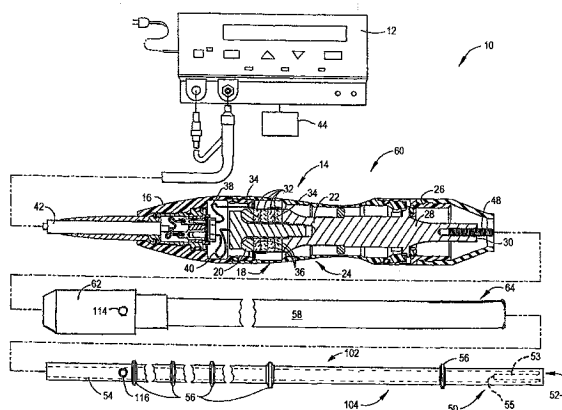
权利要求书 2 页 说明书 26 页 附图 17 页

(54) 发明名称

工作长度增加的折叠超声端部执行器

(57) 摘要

本发明提供了一种用于超声外科器械的端部执行器。主体沿着纵向轴线延伸。所述主体包括近端和远端。所述主体的近端能够与超声换能器连接,所述超声换能器能够以预定频率产生振动。折叠元件包括在波节和波腹之间的预定区域与所述主体的远端连接的第一末端。所述折叠元件沿着所述纵向轴线从所述主体的远端延伸至所述主体的近端。所述折叠元件包括第二自由声学末端。所述主体的远侧部分和折叠元件限定平行声学路径。



1. 一种用于超声外科器械的端部执行器,所述端部执行器包括:

主体,所述主体沿着纵向轴线延伸并包括近端和远端,所述主体的近端能够与超声换能器连接,所述超声换能器能够以预定频率产生振动;以及

折叠元件,所述折叠元件包括在波节和波腹之间的预定区域与所述主体的远端连接的第一末端,所述折叠元件沿着所述纵向轴线从所述主体的远端延伸到所述主体的近端,所述折叠元件包括第二自由声学末端,所述主体的远侧部分和所述折叠元件限定平行声学路径。

2. 根据权利要求1所述的端部执行器,其中所述主体被构造为管状构件,所述折叠元件被构造为实心构件。

3. 根据权利要求1所述的端部执行器,其中所述主体包括狭槽,以容纳所述折叠元件。

4. 根据权利要求1所述的端部执行器,包括与所述折叠元件可操作地连接的夹臂。

5. 根据权利要求4所述的端部执行器,包括与所述夹臂连接的组织垫。

6. 根据权利要求4所述的端部执行器,其中所述夹臂能够对所述主体施加预定的力分布,其中所述力与所述主体的工作长度的位移分布成反比。

7. 根据权利要求6所述的端部执行器,其中所述夹臂被构造为片簧。

8. 根据权利要求6所述的端部执行器,其中所述夹臂包括与第一铰接夹臂构件和第二铰接夹臂构件可操作地连接的弹簧。

9. 根据权利要求1所述的端部执行器,其中所述折叠元件能够沿着所述纵向轴线延伸。

10. 根据权利要求9所述的端部执行器,其中能够延伸的所述折叠元件能够沿着所述纵向轴线可滑动地运动。

11. 根据权利要求9所述的端部执行器,其中能够延伸的所述折叠元件能够绕位于所述主体的远端的枢转轴线可旋转地运动。

12. 根据权利要求1所述的端部执行器,其中插入的所述折叠元件形成钩。

13. 根据权利要求1所述的端部执行器,其中所述主体的远端位于波节附近;以及其中所述折叠元件的声学远端位于波腹附近。

14. 根据权利要求1所述的端部执行器,其中所述主体的远端基本上与位于波节和波腹之间的第一位移区域重合;以及

其中所述折叠元件的声学远端基本上与位于波节和波腹之间的第二位移区域重合。

15. 一种外科器械,包括:

换能器,所述换能器能够沿着纵向轴线以预定频率产生振动;

超声端部执行器,所述超声端部执行器沿着所述纵向轴线延伸并与所述换能器连接,其中所述超声端部执行器包括:

主体,所述主体沿着纵向轴线延伸并包括近端和远端,所述主体的近端能够与超声换能器连接,所述超声换能器能够以预定频率产生振动;以及

折叠元件,所述折叠元件包括在波节和波腹之间的预定区域与所述主体的远端连接的第一末端,所述折叠元件沿着所述纵向轴线从所述主体的远端延伸至所述主体的近端,所述折叠元件包括第二自由声学末端,所述主体的远侧部分和所述折叠元件限定平行声学路径。

16. 根据权利要求 15 所述的外科器械,包括与所述折叠元件可操作地连接的夹臂。

17. 一种用于超声外科器械的端部执行器,所述端部执行器包括:

主体,所述主体沿着纵向轴线延伸并包括近端和远端,所述主体的近端能够与超声换能器连接,所述超声换能器能够以预定频率产生振动;以及

折叠元件,所述折叠元件包括在波节和波腹之间的预定区域与所述主体的远端连接的第一末端,所述折叠元件沿着所述纵向轴线从所述主体的远端延伸至所述主体的近端,所述折叠元件包括第二自由声学末端,所述主体的远侧部分和所述折叠元件限定平行声学路径,所述折叠元件包括形成在所述主体的横向部分上的密封边缘;以及

夹臂,所述夹臂与所述折叠元件可操作地连接。

18. 根据权利要求 17 所述的端部执行器,包括与所述夹臂连接的组织垫。

19. 根据权利要求 18 所述的端部执行器,其中所述夹臂能够在所述组织垫和所述密封边缘之间施加预定力。

20. 根据权利要求 17 所述的端部执行器,其中所述主体能够在第一密封边缘和第二密封边缘之间容纳刀。

工作长度增加的折叠超声端部执行器

背景技术

[0001] 包括空芯器械和实芯器械在内的超声器械用于安全有效地治疗许多医疗病症。超声器械（尤其是包括接触超声元件的超声器械）是有利的，因为它们可以用于以在超声频率下传输到外科端部执行器的机械振动形式的能量切割和 / 或凝结组织。利用接触超声元件的超声器械尤其有利，因为超声能量可以从超声换能器通过超声传输部件或波导传输到外科端部执行器。此类器械可用于开放性 or 微创外科手术操作，例如内窥镜外科手术或腹腔镜外科手术，其中端部操纵装置穿过套管针到达外科手术部位。

[0002] 超声频率下激活或激发此类器械的单元件或多元件端部操纵装置相对于传输部件产生纵向、横向或扭转振动运动，所述运动在相邻组织内产生局部热量，既有助于切割又有助于凝结。由于超声器械的该特性，因此特定的超声致动的端部执行器可以被设计用于执行许多功能。当使用合适的端部执行器将超声振动以合适的能级传输到有机组织时，超声振动可用于切割、解剖、分离、抬起、横切、升高、凝结或烧灼组织，或者在夹紧组件的帮助下或者在没有夹紧组件的帮助下将肌肉组织与骨头分离或者从骨头上刮掉肌肉组织。

[0003] 例如，通过电激励换能器在外科端部执行器中引发超声振动。换能器可由位于器械手柄内的一个或多个压电元件或磁致伸缩元件构成。换能器部分产生的振动经由从换能器部分延伸至外科端部执行器的诸如波导的超声传输部件传输至外科端部执行器。波导和端部执行器最优选地被设计为与换能器以相同的频率共振。因此，当端部执行器连接到换能器时，整个系统的频率与换能器自身的频率相同。

[0004] 端部执行器在顶端处的纵向超声振动的零至峰振幅 d 表现为共振频率的简单正弦曲线，用以下公式表示：

$$[0005] \quad d = A(x) \sin(\omega t) \quad (1)$$

[0006] 其中：

[0007] ω 为 2π 乘以循环频率 f 的角频率；并且

[0008] $A(x)$ 为零至峰幅值，是沿着超声刀的位置 x 的函数。

[0009] 将纵向偏移定义为峰到峰 (p-t-p) 幅值，其恰好为正弦波幅值的两倍或为 $2A$ 。 $A(x)$ 随着驻波图形而变化，被称为位移曲线。在位移波节处， $A(x)$ 等于零，没有超声偏移。在波腹处， $A(x)$ 为局部极值，要么是极大值，要么是极小值（极小值称为负极大值）。

[0010] 声学组件可包括射声器，该射声器几何上形成为放大、衰减或传输由压电或磁致伸缩致动器产生的振动的振幅。传统的射声器一般具有两个不同的横截面积，这两个横截面积之间通常呈锥形，其中较大区域或输入区域面对致动层叠件。传统的射声器能够在输入区域和输出区域之间直接过渡。放大射声器（如前罩 (fore-bell)）被构造为锥体，其较大直径端（如输入区域）适于与换能器直接连接，其顶端处的较小直径端（如输出区域）适于与端部执行器连接。射声器的锥形横截面积放大换能器所产生的有限位移。在声频至超声频率下工作的振动致动器一般包括三个主要的部件。这些部件包括射声器、压电或磁致伸缩元件的层叠件（如换能器、致动器层叠件）和背衬材料（如端罩 (end-bell)）。压电元件的层叠件被将背衬材料与射声器连接的应力螺栓压紧固定。面积变化用于放大由层叠

件引起的有限位移。

[0011] 实芯超声器械可分为两类：单元件端部执行器装置和多元件端部执行器装置。单元件端部执行器装置包括诸如超声刀、解剖刀、钩或球形凝结器的器械。多元件端部执行器包括单元件端部执行器，该单元件端部执行器与紧靠其按压或夹紧组织的机构结合。多元件端部执行器包括夹紧解剖刀、夹紧凝结器或夹紧组件与单元件端部执行器的任意组合，这些组合通常被称为夹具凝结器。当可能需要大量压力来有效地将超声能量耦合到组织时，可利用多元件端部执行器。这种端部执行器将压缩力或偏置力施加于组织，以促使组织（尤其是松弛且无支撑的组织）更快的切割和凝结。

[0012] 在“Novel Horn Designs for Ultrasonic/Sonic Cleaning Welding, Soldering, Cutting and Drilling” (Proc. SPIE Smart Structures Conference, Vol. 4701, Paper No. 34, San Diego, CA, 2002. 3) 中论述了振动放大器（如，射声器）的各种设计实例。在标题为“Folded Horns for Vibration Actuator”的美国专利申请公布 US20040047485A1 中论述了另外的射声器设计实例。第一篇文献论述了一种折叠射声器，该折叠射声器与超声换能器或致动器连接，另一端与工件（如超声刀或者与超声刀连接的超声传输部件或波导）接触。然而，该文献中所述的折叠射声器的“远端”与工件不接触。

[0013] 然而，需要这样一种端部执行器，其包括一个或多个折叠元件以在保持与目标组织接触的同时缩短端部执行器的总长度。还需要一种包括活动的折叠元件的端部执行器。还需要一种包括位于远端的折叠元件的端部执行器，该折叠元件既不位于波节处，也不位于波腹处，并以中间位移振幅工作。

发明内容

[0014] 在一个实施例中，用于超声外科器械的端部执行器包括沿着纵向轴线延伸的主体。主体包括近端和远端。主体近端能够与超声换能器连接，超声换能器能够以预定频率产生振动。折叠元件包括在波节和波腹之间的预定区域与主体的远端连接的第一末端。折叠元件沿着纵向轴线从主体的远端延伸至主体的近端。折叠元件包括第二自由声学末端。主体的远侧部分和折叠元件限定平行声学路径。

附图说明

[0015] 多个实施例的新特征在所附权利要求书中进行了详细描述。然而，结合以下描述和如下附图能最好地理解多个实施例（有关手术组织和方法）及其优点。

[0016] 图 1 示出包括单元件端部执行器的超声系统的一个实施例。

[0017] 图 2A-D 示出包括多元件端部执行器的超声系统的一个实施例。

[0018] 图 3 示出用于超声器械的连接件 / 接头的一个实施例。

[0019] 图 4 是中空管状端部执行器的一个实施例的示意图。

[0020] 图 4A 是图 4 所示端部执行器的纵向剖面图。

[0021] 图 4B 是图 4 所示端部执行器沿着线 4B-4B 截取的剖视图。

[0022] 图 5 是包括限定平行声学路径的折叠元件的端部执行器的一个实施例的示意图。

[0023] 图 5A 是图 5 所示端部执行器的纵向剖面图。

[0024] 图 5B 是图 5 所示端部执行器沿着线 5B-5B 截取的剖视图。

- [0025] 图 6 示出包括限定平行声学路径的折叠元件的端部执行器的一个实施例的示意图。
- [0026] 图 6A 是图 6 所示端部执行器的纵向剖面图。
- [0027] 图 6B 是图 6 所示端部执行器沿着线 6B-6B 截取的剖视图。
- [0028] 图 7 用曲线图示出图 4、图 4A 和图 4B 所示端部执行器的特性超声位移曲线。
- [0029] 图 8 用曲线图示出图 5、图 5A 和图 5B、图 6、图 6A 和图 6B 所示端部执行器的特性超声位移曲线。
- [0030] 图 9 示出包括限定平行声学路径的折叠元件的多元件端部执行器的一个实施例的示意图。
- [0031] 图 10 示出包括限定平行声学路径的折叠元件的多元件端部执行器的一个实施例的示意图。
- [0032] 图 11 示出可延伸管状端部执行器的一个实施例的纵向剖面图。
- [0033] 图 12 示出可旋转端部执行器的一个实施例的示意图。
- [0034] 图 13 是笔直细长的端部执行器的示意图。
- [0035] 图 14 是包括限定平行声学路径的折叠元件的执行器的一个实施例的示意图。
- [0036] 图 15 是包括限定平行声学路径的折叠元件的端部执行器的一个实施例的示意图。
- [0037] 图 16 用曲线图示出图 13 所示的笔直细长的端部执行器的特性超声位移曲线。
- [0038] 图 17 用曲线图示出图 14 所示的包括限定平行声学路径的折叠元件的端部执行器的一个实施例的特性超声位移曲线。
- [0039] 图 18 是包括限定平行声学路径的折叠元件的端部执行器的一个实施例的示意图。
- [0040] 图 18A 是图 18 所示的端部执行器沿着线 18A-18A 截取的剖视图。
- [0041] 图 19 用曲线图示出包括限定平行声学路径的折叠元件的图 18 和图 18A 所示端部执行器的一个实施例的特性超声位移曲线。
- [0042] 图 20 示出包括限定平行声学路径的折叠元件的开槽端部执行器的一个实施例。
- [0043] 图 20A 示出图 20 所示开槽端部执行器沿着线 20A-20A 截取的剖视图。
- [0044] 图 21A-D 示出包括限定平行声学路径的折叠元件的多元件开槽端部执行器的一个实施例。

具体实施方式

[0045] 在详细说明多个实施例之前,应该指出的是,实施例的应用或使用并不局限于附图和具体实施方式的背景中详细示出的部件的构型和布置。示例性实施例可以单独实施,也可以与其他实施例、变更形式和修改形式结合在一起实施,并可以通过多种方式实施或执行。例如,以下公开的外科器械和端部执行器构型仅为示例性的,而无意限制它们的范围或应用。此外,除非另外指明,否则本文所用的术语和公式是为了方便读者而对示例性实施例进行描述目的所选取的,并非限制其范围。

[0046] 总地来讲,各种实施例涉及用在外科器械中的超声外科端部执行器,更具体地讲,涉及具有改进的抬高、切割和 / 或凝结特征的超声外科端部执行器,所述改进特征包括 (例

如)改进的骨和组织切除、抽吸和凝结。端部执行器可以是笔直的、弯曲的、中空的或实心的,并且对于开放性或腹腔镜式外科手术操作会是有用的。根据本文所述的各种实施例的端部执行器在期望切割和凝结软组织以及在切割组织的同时控制出血的操作中会特别有用。根据各种实施例的端部执行器在外科手术脊椎操作中会是有用的,尤其是在从骨头切除肌肉时帮助从背部进入。根据本文所述的各种实施例的端部执行器可减小用户切割组织或者从骨头分离肌肉所需的力的大小,并且在各种实施例中,可用于同时止血密封或者烧灼组织。本发明公开和描述了各种不同的端部执行器构型。

[0047] 超声外科器械的例子在美国专利 No. 5,322,055 和 5,954,736 中有所公开,结合超声超声刀和外科器械的例子在(例如)美国专利 No. 6,309,400B2、6,278,218B1、6,283,981B1 和 6,325,811B1 中有所公开,所述专利全文以引用方式并入本文中。这些参考文献公开了超声外科器械设计件和超声刀设计件,其中令人感兴趣的是超声刀的纵向模式。现在将描述某些实施例,从而得到对本文公开的装置和方法的结构、功能、制造和使用原理的综合理解。这些实施例的一个或多个实施例在附图中示出。本领域的普通技术人员将会理解,本文特别描述和在附图中示出的器械和方法为非限制性的实施例,并且各种实施例的范围仅受权利要求书限定。结合一个实施例示出或描述的特征可以与一个或多个其他实施例的特征组合。图示实施例的修改形式和变化形式旨在被包括在权利要求的范围内。

[0048] 以下述方式设计和制造超声器械,即,纵向超声振动的最大振幅出现在波腹处,波腹位于或靠近端部执行器的远端,以使远端的纵向偏移最大。纵向超声振动的最小振幅出现在波节处。超声器械的工作长度可被定义为从端部执行器的远端(如超声位移最大的波腹的位置)到沿着端部执行器在相邻波节之前的近侧位置的距离,在所述近侧位置处,超声位移降至低于(例如)50%的预定水平。波节间隙为波节周围的端部执行器部分的长度,其中,超声位移低于预定 50% 的水平。在波节间隙内,超声位移不足以产生有效率地和/或有效地切割和/或凝结组织所需的热量。

[0049] 波节附近相对低的位移导致传递到波节间隙区域中与端部执行器接触的组织的热量低。在波节间隙区域中,与端部执行器接触的组织没有被直接加热,没有被有效地切割和/或凝结。因此,组织可能会粘住端部执行器,或者可能会在没有被横切的情况下脱水。因此,在超声外科器械中,消除波节间隙和/或增加端部执行器的工作长度会是有利的。

[0050] 在传统的超声器械中,端部执行器的工作长度通常小于四分之一波长($\lambda/4$)。四分之一波长主要由端部执行器材料中声音的频率和速度来确定。适用于超声部件的大多数金属中声音的速度大约为每秒 5,000 米。在 55.5kHz 时,波长大约为 3.58 英寸,四分之一波约为 0.886 英寸(在 Ti6Al4V 中,四分之一波长为 0.866 英寸)。钛(Ti)中的工作长度标称为 0.6 英寸($\approx 15\text{mm}$)。尽管存在提供更长工作波长的更快的材料,但是这些材料通常不适合用于外科器械。

[0051] 本文所述的端部执行器的各种实施例包括比四分之一波长长并且可以是四分之一波长的整数倍的工作长度。波节(如最小位移或没有位移的位置)可位于端部执行器呈现给患者的远端。在这样的实施例中,波腹(如最大位移的位置)出现在沿着端部执行器在波节和波腹之间的纵向长度的某个位置,但是该位置不在远端。随着远离波腹运动,当靠近相邻波节时,位移向任一侧减小。工作长度可以是标称工作长度的倍数。

[0052] 如前所述,传统的超声器械的标称工作长度限于约 15mm。在传统设计中,从端部执行器的远端(如波腹和最大位移的位置)到位移振幅降至最大值的 50%的位置测量工作长度。由于该位置通常在到达第一远侧波节之前出现,所以传统的端部执行器的工作长度通常小于四分之一波长($\lambda/4$)。

[0053] 在一个实施例中,超声器械可包括与声波导或射声器元件连接的单元件端部执行器(如超声刀)。端部执行器可包括以下更详细描述的一个或多个“折叠元件”。折叠元件的折叠部分可位于波节、波腹处或靠近波节、波腹,或者可位于波节和波腹之间的任何位置。折叠元件能够具有位于折叠元件的折叠部分和远端和/或它们之间的工作区域的切割和/或凝结端部执行器。包括根据本文所述的各种实施例的折叠元件的端部执行器的工作长度可以比传统的没有折叠元件的端部执行器的工作长度长。折叠元件还可包括非切割“迟钝(dull)”区域,这些区域可位于靠近器械远端的折叠部分处。在一个实施例中,折叠部分可位于波节处或靠近波节。位于波节处的折叠部分保持波节位于(比如)超声位移为零的位置,并在端部执行器的远端提供非切割“自由端”。即使端部执行器被超声致动,迟钝区域也保持迟钝。这在端部执行器的远端不必用于切割组织的某些医疗操作中可能是所期望的。在一个实施例中,折叠部分可位于波腹处或靠近波腹。位于波腹处或靠近波腹的折叠部分保持波腹位于(比如)超声位移最大的位置,并提供用于切割和/或凝结与其接触的组织的工作端。在一个实施例中,折叠部分可位于波节和波腹之间。位于波节和波腹之间的折叠部分的位移取决于折叠部分是离波节近还是离波腹近。因此,可通过将折叠部分适当地定位在波节和波腹之间,实现将所期望的位移安排在零和最大值之间。

[0054] 在另一个实施例中,超声器械可包括与声波导或射声器元件连接的多元件端部执行器(如超声刀和夹紧机构)。端部执行器可包括一个或多个“折叠元件”。如以下更详细所述的,夹具组件在远端与端部执行器连接。夹具组件包括夹臂和单元件端部执行器(如超声刀),用于在它们之间夹紧组织。如前所述,折叠部分可位于或靠近波节、波腹,或者可被安排在波节和波腹之间的任何位置。折叠元件可被构造用于切割和/或凝结。工作区域可位于折叠部分和端部执行器的远端之间的任何位置处,并可提供比传统的没有折叠元件的端部执行器长的工作长度。组织可被容纳和挤入在端部执行器和夹臂之间。压力可施加于位于它们之间的组织。在一个实施例中,夹臂能够在其纵向中心施加最小力并向该中心的任一侧施加增大的力以补偿该中心的任一侧沿着工作长度的降低的位移振幅,在所述纵向中心处,端部执行器的位移振幅最大。例如,夹臂能够在位于或靠近夹臂组件的中心与端部执行器的波腹重合的点处施加最小法向力。夹臂所施加的力向着夹臂的任一端增大。以这种方式,夹臂在端部执行器的工作长度上施加力分布,该力分布理想上与端部执行器的速率位移振幅成反比。因此,在端部执行器的工作长度上,端部执行器速率和夹臂对端部执行器施加的力的组合基本恒定。

[0055] 在另一个实施例中,包括端部执行器的超声器械可包括一个或多个活动的“折叠元件”。所述折叠元件可以是可滑动的、可折叠的、可延伸的、可扣合的和/或可旋转的。例如,可延伸的折叠元件可延伸以提供远端,可选择该远端处于工作切割和/或凝结模式(射声器元件完全延伸)、迟钝模式(射声器元件完全收缩)或者这两种模式之间的任何模式(射声器元件位于完全延伸和完全收缩之间的中间位置)。完全收缩的折叠元件提供不对与其接触的组织施加影响的迟钝或最小工作远端。完全延伸的折叠元件提供对与其接触的

组织施加影响的最大工作远端。部分延伸的折叠元件对与其接触的组织提供部分工作远端。

[0056] 在另一个实施例中,超声器械包括与声波导或射声器元件连接的端部执行器。端部执行器可包括一个或多个“折叠元件”。折叠元件可在端部执行器的远端形成为钩。可在波节、波腹处或者波节、波腹附近或者它们之间形成折叠元件。在一个实施例中,可通过在位移波节处折叠端部执行器的远侧部分来形成钩。在这种构型中,远端自由,并保持波节,比如,超声位移最小或者接近于零。然而,折叠部分的顶端保持超声位移最大的波腹。位于钩内的组织可被连续切割和/或凝结。以下对钩形折叠元件的操作进行更详细的描述。

[0057] 可通过传统的换能器来驱动上述超声器械的各种实施例,传统的换能器能够以预定频率沿着超声传输波导的纵向轴线产生振动。包括多个折叠元件(一个折叠元件)的端部执行器可以以任何合适的方式通过波导与换能器连接或者直接接触。端部执行器可包括折叠元件,并可连接至沿着纵向轴线延伸的波导与换能器连接的一部分或者形成该部分。端部执行器包括具有折叠元件的主体,该主体具有近端和远端。可通过换能器所产生的振动使折叠元件能沿着纵向轴线运动。

[0058] 图1示出包括单元件端部执行器的超声系统10的一个实施例。超声系统10的一个实施例包括与超声换能器14连接的超声信号发生器12、包括手柄壳体16的手柄组件60和可超声致动的单元件端部执行器50,示出的单元件端部执行器50为包括折叠元件53的可超声致动的超声刀。超声换能器14(被称为“Langevin 叠堆件”)通常包括换能部分18、第一共振器部或即端罩20、第二共振器部分或前罩22以及辅助部件。这些元件的总体构型为共振器。如本文将更详细描述,超声换能器14的长度优选地为一半系统波长($n\lambda/2$, 其中,“n”为任何正整数,比如, $n=1,2,3,\dots$)的整数。声波组件24包括超声换能器14、前端锥体26、速率变换器28和表面30。

[0059] 应当理解,本文使用的术语“近”和“远”是相对于握住手柄组件60的外科医生而言的。因此,端部执行器相对于较近的手柄组件60而言处于远端。还应该理解,为方便和清晰起见,本文根据临床医生握住手柄组件60来使用诸如“顶部”和“底部”的空间术语。然而,手术器械可以在许多方向和位置使用,并且这些术语并非限制性和绝对化的。

[0060] 端罩20的远端连接至换能部分18的近端,前罩22的近端连接至换能部分18的远端。前罩22和端罩20的物理长度由多个变量来确定,这多个变量包括换能部分18的厚度、用于制造端罩20和前罩22的材料的密度和弹性模量以及超声换能器14的共振频率。可使前罩22从其近端向其远端向内成锥形,用于随着速率变换器28放大超声振动振幅,或者前罩22可不进行放大。合适的振动频率范围可以为约20Hz至120Hz,最合适的振动频率范围可以为约30Hz至100kHz。合适的工作振动频率可以为(例如)大约55.5kHz。第二共振器部分或前罩22可被折叠,以在保持或者增加声学长度的同时减小前罩22的总物理长度。

[0061] 压电元件32可由任何合适的材料制成,例如锆钛酸铅、偏铌酸铅、钛酸铅、钛酸钡或其他压电陶瓷材料。每一个正电极34、负电极36和压电元件32都有从中心延伸的腔体。正电极34和负电极36分别与导线38和40电连接。导线38和40封闭在缆线42中,与超声系统10的超声信号发生器12电连接。

[0062] 声波组件24的超声换能器14将来自超声信号发生器12的电信号转化为机械能,

该机械能主要致使超声换能器 14 和端部执行器 50 出现以超声频率纵向振动运动的声学驻波。在另一个实施例中,超声换能器的振动运动可以在不同的方向起作用。例如,振动运动可包括超声系统 10 的顶端更复杂的运动的局部纵向分量。合适的发生器为得自 Ethicon Endo-Surgery, Inc. (Cincinnati, Ohio) 的 GEN04 型发生器。当声学组件 24 通电时,振动运动驻波通过声学组件 24 产生。超声系统 10 被设计为在共振时工作,从而产生预定振幅的声学驻波图案。沿着声波组件 24 的任何点处的振动运动振幅取决于沿着声波组件 24 测量振动运动的位置。振动运动驻波的零交点通常被称为波节(即运动为零的位置),驻波的局部最大绝对值或峰值通常被称为波腹(即局部运动最大的位置)。波腹与距其最近的波节之间的距离为四分之一波长($\lambda/4$)。

[0063] 导线 38 和 40 将电信号从超声信号发生器 12 发送到正电极 34 和负电极 36。通过响应于致动器 44(例如脚踏开关)通过超声信号发生器 12 供应的电信号给压电元件 32 供电,从而在声学组件 24 中产生声学驻波。交替的电信号会使压电元件 32 以连续方式沿着电压梯度的轴线膨胀和收缩,从而产生超声能量的纵向波。膨胀和收缩产生按方向交替的小位移,导致材料内产生大的交替压力和张力。超声传输组件 102 包括与超声传输波导 104 连接的单元件端部执行器 50。超声能量通过声波组件 24 经传输部件(例如超声传输波导 104)传输到端部执行器 50。超声传输波导 104 可优选地由使用例如钛合金(即 Ti6Al4V)或铝合金等适合高效传输超声能量的材料制造的空芯轴加工而成。在其他实施例中,超声传输波导 104 可形成为实芯传输波导。

[0064] 为了使声学组件 24 将能量传递到单元件端部执行器 50,声学组件 24 中的所有部件与端部执行器 50 声学连接。超声换能器 14 的远端可以在表面 30 处通过螺纹连接(例如螺柱 48)与超声传输波导 104 的近端声学连接。

[0065] 声学组件 24 的部件最好经声学调整,使得任何部件的长度均为二分之一波长($n\lambda/2$)的整数倍,其中波长 λ 为声学组件 24 在预先选择的纵向振动驱动频率或工作纵向振动驱动频率 f_d 下的波长。还构思声波组件 24 可以结合声波元件的任何合适布置。

[0066] 端部执行器 50 的长度可以大致等于一半系统波长($n\lambda/2$)的整数倍。超声刀包括与折叠元件 53 的物理远端重合的远端 52。折叠元件 53 包括就位移而言位于波腹的声学远端 55。声学远端 55 位于纵向超声振动的最大振幅那一点处,超声位移最大。在一个实施例中,端部执行器 50 的远端 52 与折叠元件 53 的远端重合,并可置于波腹附近以提供远端 52 的最大纵向偏移。折叠元件 53 的相应近端 55 可置于波节附近。在另一个实施例中,端部执行器 50 的远端 52 与折叠元件 53 的远端重合,并可置于波节附近以提供远端 52 的最小纵向偏移。折叠元件 53 的相应近端 55 可置于波腹附近,以提供折叠元件 53 的近端 55 的最大纵向偏移。在其它实施例中,端部执行器 50 的远端 52 与折叠元件 53 的远端重合,并可置于波节和波腹之间以相应地安排远端 52 的纵向偏移。在图示实施例中,超声刀 50 的远端 52 与折叠元件 53 的远端重合,并置于波节附近以提供远端 52 的最小纵向偏移。折叠元件 53 的相应近端 55 置于波腹附近,以提供折叠元件 53 的近端 55 的最大纵向偏移。当换能器组件通电时,折叠元件 53 的近端 55 可成形为以(例如)55kHz 的预定振动频率在(例如)大约 10 至 500 微米的峰到峰的范围运动,并且优选地在约 30 至 150 微米的范围内运动。

[0067] 端部执行器 50 可与超声传输波导 104 连接。示出的超声刀 50 和超声传输波导 104

由适于超声能量传输的材料形成为一体式构型。此类材料的实例包括 Ti6Al4V (含有铝和钒的钛合金)、铝、不锈钢或其他合适的材料。作为另外一种选择,端部执行器 50 可与超声传输波导 104 分离 (以及具有不同的组成),并通过 (例如)螺柱、焊接、胶水、快速接头或其他合适的已知方法连接。超声传输波导 104 的长度可以基本上等于 (例如)二分之一波长的整数倍 ($n\lambda/2$)。超声传输波导 104 也可以优选地由实芯轴制成,而实芯轴由有效传播超声能的材料 (例如,上述钛合金 (即 Ti6Al4V) 或任何合适的铝合金或其他合金) 构成。

[0068] 超声传输波导 104 包括近端的纵向突起附柱 54,用于通过例如螺柱 48 的螺纹连接与超声传输波导 104 的表面 30 连接。在图 1 所示的实施例中,超声传输波导管 104 包括设置在多个节点处的多个起稳定作用的硅树脂环或适形支撑件 56。硅树脂环 56 抑制不需要的振动并将超声能量与外护套 58 隔离,以确保纵向的超声能量流以最大效率到达端部执行器 50 的远端 52。

[0069] 如图 1 所示,外护套 58 保护超声外科器械 10 的使用者以及患者不受超声传输波导 104 超声振动的影响。护套 58 通常包括毂 62 和细长管状构件 64。管状构件 64 附连到毂 62 上,并具有纵向穿过其中的开口。护套 58 被螺纹连接到速率变换器 28 的远端上。超声传输波导 104 贯穿管状构件 64 的开口,而硅树脂环 56 将超声传输波导 104 与外护套 58 隔离。外护套 58 可使用绝缘销轴 114 附连到波导 104。波导 104 中的孔 116 可标称地出现在位移波节。波导 104 可通过螺柱 48 拧到或者扣到手柄组件 60 上。毂 62 上的平坦部分可以允许组件扭转至所需程度。

[0070] 护套 58 的套节 62 优选地使用塑料制造,而管状构件 64 使用不锈钢制成。作为另外一种选择,超声传输波导管 104 可包括环绕在其周围的聚合材料,以避免其与外部接触。

[0071] 超声传输波导 104 的远端可通过内部螺纹连接而连接到单元件端部执行器 50 的近端,最好位于波腹处或靠近波腹。可构思超声端部执行器 50 通过诸如焊接接头或类似方法等任何合适的手段连接到超声传输波导 104 上。虽然超声端部执行器 50 可以从超声传输波导 104 上拆下,但还可构思端部执行器 50 与超声传输波导 104 形成为一体式组件。在图示的实施例中,超声波导管 104 被实现为细长的传输部件,端部执行器被实现为适于切割和 / 或凝结组织的单元件端部执行器或端部执行器 50。端部执行器 50 可以是对称的或者不对称的。

[0072] 图 2A 示出包括多元件端部执行器的超声系统 1000 的一个实施例。超声系统 1000 的一个实施例包括与之前参照图 1 描述的超声换能器 14 连接的超声发生器 12。超声换能器 14 与包括器械壳体 1004 的夹紧凝结刀头 1002 连接。声学组件 18 将能量传递到多元件端部组件 1008,该多元件端部组件 1008 包括被显示为可超声致动的超声刀形式的超声端部执行器 1016。为了使声学组件 18 将能量传递到多元件端部组件 1008 的端部执行器 1016 部分,声学组件 18 的所有部件与夹紧凝结刀头 1002 的超声工作部分声学连接。因此,超声换能器 14 的远端可通过螺纹连接螺柱 48 的方式经由表面 30 与超声传输波导 104 的近端声学连接。

[0073] 正如之前参照图 1 所示的超声系统 10 所讨论的那样,声学组件 18 中的部件最好经过调节,使得任何组件的长度是二分之一波长 ($n\lambda/2$) 的整数倍,其中波长 λ 是声学组件 18 的预先选定的或工作的纵向振动驱动频率 f_d 的波长。声学组件 18 可以结合声学元件的任何合适布置。

[0074] 夹紧凝结刀头 1002 可优选地一体地附连到声学组件 18 上并可从声学组件 18 上拆下。夹紧凝结刀头 1002 的近端优选地与声学组件 18 的远侧表面 30 声学连接。夹紧凝结刀头 1002 可通过任何合适的手段与声学组件 18 连接。

[0075] 夹紧凝结刀头 1002 优选地包括器械壳体 1004 和细长构件 1006。可通过旋钮 1010 使细长构件 1006 相对于器械壳体 1004 选择性地旋转。器械壳体 1004 包括枢转柄部 1028 和固定柄部 1029。

[0076] 牵引机构（未示出）置于器械壳体 1004 的腔体内，优选地与内管 1014 连接或附在内管 1014 上，以将枢转柄部 1028 的运动转化为内管 1014 的线性运动，从而打开和关闭多元件端部组件 1008。枢转柄部 1028 包括拇指环 1030。枢轴销被设置为穿过枢转柄部 1028 的第一孔以使得可枢轴旋转。当枢转柄部 1028 的拇指环 1030 沿箭头 1034 的方向远离器械壳体 1004 运动时，内管 1014 远离近端向远侧滑动，以使多元件端部组件 1008 的夹臂 1018 沿箭头 1020 所示的方向枢转到打开位置。如图所示，当枢转柄部 1028 的拇指环 1030 沿箭头 1035 所示的方向向着固定柄部 1029 沿相反方向运动时，牵引机构使内管 1014 远离远端向近侧滑动，以使多元件端部组件 1008 的夹臂 1018 枢转到关闭位置。

[0077] 夹紧凝结刀头 1002 的细长构件 1006 从器械壳体 1004 延伸。细长构件 1006 优选地包括外部构件或外管 1012、内部构件或内管 1014 以及传输部件或超声传输波导 104。

[0078] 多元件端部组件 1008 包括夹臂 1018（或夹臂组件）和超声端部执行器 1016。超声端部执行器 1016 包括如以下在图 4-21 中更详细描述折叠元件。超声刀 1016 可以是对称的或者不对称的。在一个实施例中，夹臂 1018 可包括组织垫。因此，夹臂 1018 可被称为（例如）夹臂组件。夹臂 1018 能够将压缩力或偏置力施加于组织以实现更快地凝结和切割组织。夹臂 1018 以可枢转的方式绕枢轴销安装，以沿箭头 1020 所示的方向旋转。夹臂 1018 能够沿着夹臂 1018 的长度（优选地沿着工作长度）创建预定的力分布。在图示实施例中，夹臂 1018 在端部执行器 1016 的基本整个工作长度上施加预定的力分布。在中心区域，夹臂 1018 可在与端部执行器 1016 的波腹重合的点处施加最小力。位于或靠近夹臂 1018 中心的往复式外部压缩管 1019 对端部执行器 1016 施加法向力。从夹臂 1018 的中心（如夹臂 1018 所施加的最小力的点）开始，夹臂 1018 所施加的力从中心向着近端和远端向外直到夹臂 1018 的中心向着夹臂 1018 的端部的任一侧增大。以这种方式，夹臂 1018 在端部执行器 1016 的工作长度上施加力分布图，该力分布图与端部执行器 1016 的速率振幅位移成反比。端部执行器 1016 的速率和夹臂 1018 所施加的力的组合确定沿着端部执行器 1016 的工作长度的力分布图。

[0079] 超声外科器械 10 和夹紧凝结刀头 1000 可以按本领域已知的方法消毒，例如伽玛射线消毒、环氧乙烷处理、高压灭菌法、在消毒液中浸泡或者其他已知方法。如前所述，在图 1 所示实施例中，端部执行器 50 和超声传输波导 104 示为由适用于传输超声能量的材料（如 Ti6Al4V、铝、不锈钢或其它已知材料）形成的一体式构型。作为另外一种选择，端部执行器 50 可与超声传输波导 104 分离（以及具有不同的组成），并通过（例如）螺柱、焊接、胶水、快速接头或其他合适的已知方法连接。在图 2 所示实施例中，夹紧凝结刀头 1002 的超声传输组件 1024 包括与超声传输波导 104 连接的多元件端部组件 1008。超声传输波导管 104 的长度可基本上等同于例如二分之一系统波长 ($n\lambda/2$) 的整数倍。

[0080] 图 2B 示出多元件端部组件 1008 的一个实施例。如所示，多元件端部组件 1008 包

括弓形夹臂 1018(或夹臂组件)和超声端部执行器 1016。超声端部执行器 1016 包括如下更详细描述折叠元件。超声端部执行器 1016 可以是对称的或不对称的。在一个实施例中,夹臂组件包括具有组织垫 1021 的夹臂 1018。夹臂 1018 能够将压缩力或偏置力施加于位于组织垫 1021 和超声端部执行器 1016 之间的组织 1025(图 2C、图 2D)以实现更快地凝结和切割组织 1025。可通过在夹臂 1018 上方滑动往复式外压缩管 1019 来施加压缩力。夹臂 1018 以可转动的方式绕枢轴 1023 安装以沿着箭头 1020 所示的方向旋转打开和沿着箭头 1027 所示的方向旋转关闭。夹臂 1018 能够沿着夹臂 1018 的长度和超声端部执行器 1016 的工作长度创建预定的力分布。

[0081] 图 2C 和 2D 示出各个阶段的夹臂。图 2C 示出夹臂 1018 处于打开位置准备在组织垫 1021 和端部执行器 1016 之间容纳组织 1025。往复式外部压缩管 1019 处于回缩位置,使得夹臂 1018 能够绕枢轴 1023 沿方向 1020 旋转到打开位置。图 2D 示出夹臂 1018 绕枢轴 1023 旋转以沿着方向 1027 旋转到关闭位置,此时,往复式外部压缩管 1019 在夹臂 1018 上方沿方向 1029 部分滑动,以对夹臂 1018 施加部分压缩力。如图 2A 所示,往复式外部压缩管 1019 位于完全延伸的位置以对夹臂 1018 施加全部压缩力。因此,夹臂 1018 沿着夹臂 1018 的长度和端部执行器 1016 的工作长度施加预定的力分布。

[0082] 图 3 示出了超声器械的连接件/接头 70 的一个实施例。连接件/接头 70 位于声学组件 24 和超声传输部件(例如,超声传输波导 104)之间。连接件/接头 70 可形成在超声传输波导 104 的附柱 54 和位于声学组件 24 远端的速率变换器 28 的表面 30 之间。附柱 54 的近端包括带内螺纹的大体圆柱形的凹槽 66,用于在其中容纳带螺纹的螺柱 48 的一部分。速率变换器 28 的远端也可以包括带内螺纹的大体圆柱形的凹槽 68,用于容纳带螺纹的螺柱 48 的一部分。凹槽 66、68 基本上周向和纵向对齐。在另一个实施例(未示出)中,螺柱可形成为图 1 所示超声换能器 14 的端部的整体部件。例如,带螺纹的螺栓和速率变换器可以为一体式构型,其中螺栓在声波组件的远端自速率变换器的远端表面上伸出。在此实施例中,螺栓不是单独的部件,并且不需要在换能器末端具有凹槽。

[0083] 在不脱离本发明范围的情况下,本领域的普通技术人员将会理解,能够想到本文公开的超声外科器械的多个实施例及其任何等效结构与其他已知的超声外科器械有效地联用。因此,赋予本文所公开的多个超声外科端部执行器实施例的保护范围应不限于仅结合上述的示例性超声外科器械一起使用。

[0084] 在后续的说明中,字母“A”表示位移波腹的位置,字母“N”表示位移波节的位置。波腹“A”及其最近的波节“N”之间的距离为四分之一波长($\lambda/4$)。四分之一波长($\lambda/4$)主要由材料中声音的频率和速度来确定。适用于超声部件的大多数材料中声音的速度标称为每秒 5,000 米。除非另外指出,否则在本文所述的实施例中,在激发频率为 55.5kHz 下确定波长,其中,波长大约为 3.58 英寸,四分之一波长($\lambda/4$)大约为 0.886 英寸。对于由波速为每秒 16,011 英尺(每秒 4880 米)的 Ti6Al4V 形成的波导,四分之一波长大约为 0.866 英寸。可利用会导致更长或更短波长的其它材料。Ti6Al4V 中的工作长度标称大约为 0.6 英寸($\approx 15\text{mm}$)。

[0085] 图 4 是中空管状端部执行器 400 的一个实施例的示意图。图 4A 是端部执行器 400 的纵向剖面图。图 4B 是端部执行器 400 沿着线 4B-4B 截取的剖视图。在图 7 中用曲线图示出端部执行器 400 的特性超声位移曲线 420,并且以下对此进行更详细的描述。参照图

4、图 4A 和图 4B,端部执行器 400 包括主体 406,主体 406 具有近端 402、远端 404 和圆柱形外表面。将端部执行器 400 作为参照进行描述,以便于理解图 5 和图 6 所示实施例中的具有折叠元件的端部执行器的操作。在图 4 所示实施例中,端部执行器 400 的物理长度“L”为四分之三波长 ($3\lambda/4$)。端部执行器 400 可由以 55.5kHz 频率激发的 Ti6Al4V 形成。因此,四分之一波长 ($\lambda/4$) 大约为 0.866 英寸。可利用可提供更长或更短波长的其它材料。Ti6Al4V 中的工作长度标称大约为 0.6 英寸 ($\approx 15\text{mm}$)。

[0086] 在图示实施例中,端部执行器 400 的近端 402 位于左侧,端部执行器 400 的远端 404 位于端部执行器 400 的右侧。从左到右,第一个四分之一波长在第一波节 N1 和第一波腹 A1 之间延伸;第二个四分之一波长在第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间延伸;并且第三个四分之一波长在第二波节 N2 和第二波腹 A2 之间延伸。第一波节 N1 位于近端 402,第二波腹 A2 位于远端 404。应当理解,在其它实施例中,端部执行器 400 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中,“n”为任意正整数,如 $n=1,2,3,\dots$)。端部执行器 400 的近端 402 能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接。近端 402 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分,或者可以成为该部分。对于与速率变换器 28 的直接连接,端部执行器 400 可向近侧延伸四分之一波长 ($\lambda/4$),以使近端 402 与波腹重合。因此,速率变换器 28 和端部执行器 400 可在它们各自的波腹处连接在一起,系统频率保持接近所需的标称值。在一个实施例中,标称频率为(例如)55.5kHz。添加的近侧四分之一波长可具有与外部的平行路径相同的面积(即,向近侧延伸四分之一波长)。在这种情况下,没有增益。如果近侧部分的面积增大,则由于这表示面积相对于端部执行器 400 减小,因此将存在振幅增益。端部执行器 400 作为以(例如)55.5kHz 工作的超声外科器械可包括增益、衰减和其它特征,用于实现所需的性能。如图 4 所示,远端 404 与第二波腹 A2 重合,因此,远端 404 为纵向超声振动的最大振幅的点,超声位移最大。相反,近端 402 与第一波节 N1 重合,因此,近端 402 为纵向超声振动的最小振幅的点,超声位移最小。

[0087] 图 5 是包括限定平行声学路径的折叠元件 412 的端部执行器 408 的一个实施例的示意图。图 5A 是端部执行器 408 的纵向剖面图。图 5B 是端部执行器 408 沿着线 5B-5B 截取的剖视图。在一个实施例中,端部执行器 408 适于用在图 1 所示的单元件端部执行器超声系统 10 的实施例中。在另一个实施例中,端部执行器 408 可适于用在图 2A 所示的多元件端部执行器系统 1000 的实施例中。在图 8 中用曲线图示出端部执行器 408 的特性超声位移曲线 430,并且以下对此进行更详细的描述。现在将参照图 5、图 5A 和图 5B 对端部执行器 408 进行描述。端部执行器 408 为包括具有折叠元件 412 的主体 410 的中空管超声传输管路,主体 410 具有近端 414 和远端 416,折叠元件 412 与位于第二波节 N2 的远端 416 连接(如在第二波节 N2 的远端 416 折叠)。折叠元件 412 从位于远端 416 的第二波节 N2 向着近端 414 向近侧延伸到端部执行器 408 的中空部分 413 中直至第一波腹 A1。折叠元件 412 的声学远端 418 终止于第一波腹 A1,其中,第一波腹 A1 与第二波腹 A2 重合。当端部执行器在波节 N 处折叠并且折叠元件的长度为四分之一波长 ($\lambda/4$) 时,第一波腹 A1 和第二波腹 A2 重合。如果折叠元件 412 的长度大于或小于四分之一波长 ($\lambda/4$),则第一波腹 A1 和第二波腹 A2 将不重合。例如,如果在波节 (N) 和波腹 (A) 之间进行折叠,则即使折叠元件 412 的长度为四分之一波长 ($\lambda/4$),第一波腹 A1 和第二波腹 A2 也将不重合。以下,本文对这些构型进行描述。在图示实施例中,引用第二波腹 A2 仅仅是为了便于理解折叠位置

和折叠元件 412 的长度之间的关系。在图示实施例中,折叠元件 412 与纵向轴线和端部执行器 408 的主体 410 的外表面平行地延伸。折叠元件 412 和端部执行器 408 的 410 的外部主体限定跨越折叠元件 412 长度的平行声学路径 417。在图示实施例中,平行声学路径 417 在第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间延伸。图示实施例中的端部执行器 408 的物理长度“L1”为四分之一波长 ($L1 = 2\lambda/4$)。折叠元件 412 为实心杆。在折叠元件 412 的整个长度上,折叠元件 412 的横截面积基本上等于端部执行器 408 的纵向横截面积。折叠元件 412 形成端部执行器 408 的远侧四分之一波长 ($\lambda/4$)。应当理解,端部执行器 408 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中,“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。类似地,折叠元件 412 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中,“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。该实施例不局限于这种情况。

[0088] 端部执行器 408 的近端 414 能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接。近端 414 可连接至沿近侧方向进一步延伸的超声传输波导的一部分,或者可形成该部分。对于与速率变换器 28 的直接连接,端部执行器 408 可向近侧延伸四分之一波长 ($\lambda/4$),以使近端 414 与波腹重合。因此,速率变换器 28 和端部执行器 408 可在它们各自的波腹处连接在一起,系统频率保持接近所需的标称值。在一个实施例中,标称频率为(例如)55.5kHz。添加的近侧四分之一波长可具有与外部平行路径相同的面积(即,向近侧延伸四分之一波长)。在这种情况下,没有增益。如果近侧部分的面积增大,则由于这表示面积相对于 410 减小,因此将存在振幅增益。端部执行器 408 作为以(例如)55.5kHz 工作的超声外科器械可包括增益、衰减和其它特征,用于实现所需的性能。端部执行器 408 包括与第二波节 N2 重合的自由远端 416。远端 416 为最小振幅位移的区域。声学远端 418 位于折叠元件 412 的近端。在图示实施例中,就位移而言,声学远端 418 与第一波腹 A1 和第二波腹 A2 重合。声学远端 418 为最大振幅位移的区域。端部执行器 408 的外部部分在其位于第一波腹 A1 的中心处具有最大位移。由于振幅在第一波腹 A1 的任一侧对称下降,因此工作长度为大约 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。这是图 4 所示端部执行器 400 的大约 0.6 英寸 ($\approx 15\text{mm}$) 的工作长度的两倍。在端部执行器 400 中,从位于远端 404、发生最大振幅位移的第二波腹 A2 到第二波腹 A2 和第二波节 N2 之间振幅降至最大值的 50% 的点测量工作长度。

[0089] 在其它实施例中,折叠元件 412 的物理长度可以大于或小于四分之一波长 ($\lambda/4$),或者可小于其整数倍 ($n\lambda/4$),以使得可通过适当地选择折叠元件 412 的长度来将端部执行器 408 的声学远端 418 的超声振幅位移安排在最大位移和最小位移之间。在这样的实施例中,端部执行器 408 的长度可以大于或小于任意数量的四分之一波长 ($\lambda/4$)。本领域的技术人员应当理解,在本文所述的各种实施例中,端部执行器 408 的长度 L1 比折叠元件 412 的长度长。然而,端部执行器 408 和折叠元件 412 的组合长度可以是任何合适数量的四分之一波长 ($\lambda/4$)。在一个实施例中,用于定位折叠部分的特别有利的位置为第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间的位移振幅降至最大值的 50% 的区域中。因此,远端 416 出现在工作长度的极限处。随着向近端 414 运动,对于超过第一波腹 A1 的区域,位移振幅保持高于最小有效振幅 ($>$ 最大值的 50%)。随着进一步向近端 414 运动,振幅开始降至低于所需的 50% 振幅水平。以这种方式,用以 55.5kHz 工作的钛 (Ti) 设计的端部执行器的工作长度可延伸至大约 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。

[0090] 在“折叠部分”的位置,端部执行器 408 的纵向延伸保持没有折叠时该位置的超声

位移特性。例如,在图 5、图 5A 和图 5B 所示实施例中,折叠部分位于处于远端 416 的第二波节 N2,折叠元件 412 从远端 416 向近侧延伸四分之一波长 ($\lambda/4$) 直至第一波腹 A1 和第二波腹 A2,第一波腹 A1 和第二波腹 A2 与声学远端 418 重合。第一波节 N1 和第二波节 N2 的位移图案和位置沿着端部执行器 408 的纵向长度保持相同。即使第二波节 N2 “提供”自由端,它也保持波节,如最小位移振幅或没有位移振幅。因此,端部执行器 408 的远端 416 的位移基本为零,即使当端部执行器 408 被超声致动时,远端 416 也保持迟钝。在某些操作中这种特征会是所期望的,用于保护可能会与远端 416 接触或者可能会在远端 416 附近的组织。否则,工作远端会穿过与其接触的组织创建外科手术窗口或者 *-otomy*。本领域的技术人员应当理解,术语“*-otomy*”是指表示如最初元件所规定的组织或器官的“切割、切开”、对象的“切除”的组合形式。

[0091] 图 6 是包括限定平行声学路径的折叠元件 442 的端部执行器 438 的一个实施例的示意图。图 6A 是端部执行器 438 的纵向剖面图。图 6B 是端部执行器 438 沿着线 6B-6B 截取的剖视图。在一个实施例中,端部执行器 438 适于用在图 1 所示的单元件端部执行器超声系统 10 的实施例中。在另一个实施例中,端部执行器 438 可适于用在图 2A 所示的多元件端部执行器系统 1000 的实施例中。现在将参照图 6、图 6A 和图 6B 对端部执行器 438 进行描述。端部执行器 438 为包括主体 440 和折叠元件 442 的基本实心的超声传输管路,主体 440 具有近端 444 和远端 446,折叠元件 442 在第二波节 N2 处与远端 446 连接。端部执行器 438 包括形成于其实心部分 443 的远端的狭槽 445。折叠元件 442 从位于远端 446 的第二波节 N2 向近侧延伸到与纵向轴线平行的向着近端 444 的狭槽 445 直至第一波腹 A1。折叠元件 442 的声学远端 448 终止于第一波腹 A1,其中,第一波腹 A1 与第二波腹 A2 重合。当在波节 N 处折叠端部执行器并且折叠元件的长度为四分之一波长 ($\lambda/4$) 时,第一波腹 A1 和第二波腹 A2 重合。如果折叠元件 442 的长度大于或小于四分之一波长 ($\lambda/4$),则第一波腹 A1 和第二波腹 A2 将不重合。此外,如果在波节 (N) 和波腹 (A) 之间进行折叠,则即使折叠元件 442 的长度为四分之一波长 ($\lambda/4$),第一波腹 A1 和第二波腹 A2 也将不重合。本文以下对这些构型进行描述。在图示实施例中,引用第二波腹 A2 仅仅是为了便于理解折叠位置和折叠元件 442 的长度之间的关系。在图示实施例中,折叠元件 442 与纵向轴线和端部执行器 408 的主体 440 的外表面平行地延伸。折叠元件 442 和端部执行器 438 的主体 440 的外表面限定跨越折叠元件 442 长度的平行声学路径 447。在图示实施例中,平行声学路径 447 在第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间延伸。在图示实施例中,折叠元件 442 被构造为在形成于端部执行器 438 内的狭槽 445 中延伸的矩形横截面的杆。在图示实施例中,端部执行器 438 的物理长度“L1”为四分之二波长 ($2\lambda/4$)。折叠元件 442 的物理长度可以是大约四分之一波长 ($\lambda/4$)。在折叠元件 442 的整个长度上,折叠元件 442 的纵向横截面积基本上等于端部执行器 438 的纵向横截面积。应当理解,折叠的传输端部执行器 438 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中,“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。类似地,折叠元件 442 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中,“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。该实施例不局限于这种情况。

[0092] 端部执行器 438 的近端 444 能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接。近端 444 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分,或者可形成该部分。对于与速率变换器 28 的直接连接,端部执行器 438 可向近侧延伸四分之一波长

($\lambda/4$), 以使近端 444 与波腹重合。因此, 速率变换器 28 和端部执行器 438 可在它们各自的波腹处连接在一起, 系统频率保持接近所需的标称值。在一个实施例中, 标称频率为 (例如) 55.5kHz。添加的近侧四分之一波长可具有与外部平行路径相同的面积 (即, 向近侧延伸四分之一波长)。在这种情况下, 没有增益。如果近侧部分的面积增大, 则由于这表示面积相对于 438 减小, 因此将存在振幅增益。端部执行器 438 作为以 (例如) 55.5kHz 工作的超声外科手术器械可包括增益、衰减和其它特征, 用于实现所需的性能。端部执行器 438 包括与第二波节 N2 重合的自由远端 446。远端 446 为最小振幅位移的区域。声学远端 448 位于折叠元件 442 的近端。在图示实施例中, 就位移而言, 声学远端 448 与第一波腹 A1 和第二波腹 A2 重合。声学远端 448 为最大振幅位移的区域。端部执行器 438 的外部部分在其位于第一波腹 A1 的中心处具有最大位移。由于振幅在第一波腹 A1 的任一侧对称下降, 因此工作长度为大约 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。这是图 4 所示端部执行器 400 的大约 0.6 英寸 ($\approx 15\text{mm}$) 的工作长度的两倍。

[0093] 在其它实施例中, 折叠元件 442 的物理长度可以大于或小于四分之一波长 ($\lambda/4$), 或者可能小于其整数倍 ($n\lambda/4$), 以使得可通过适当地选择折叠元件 442 的长度来将端部执行器 438 的声学远端 448 的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。在这样的实施例中, 端部执行器 438 的长度可以大于或小于任意数量的四分之一波长 ($\lambda/4$)。本领域的技术人员应当理解, 在本文所述各种实施例中, 端部执行器 438 的长度 L1 比折叠元件 442 的长度长。然而, 端部执行器 438 和折叠元件 442 的组合长度可以是任何合适数量的四分之一波长 ($\lambda/4$)。在一个实施例中, 用于定位折叠部分的特别有利的位置在第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间的位移振幅降至最大值的 50% 的区域中。因此, 远端 446 出现在工作长度的极限处。随着向着近端 444 运动, 对于超过第一波腹 A1 的区域, 位移振幅保持高于最小有效振幅 ($>$ 最大值的 50%)。随着进一步向着近端 444 运动, 振幅开始降至低于 50% 的振幅水平。以这种方式, 用以 55.5kHz 工作的钛 (Ti) 设计的端部执行器的工作长度可延伸至大约 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。

[0094] 在“折叠部分”的位置, 端部执行器 438 的纵向延伸保持在没有折叠时该位置的超声位移特性。例如, 在图 6、图 6A 和图 6B 所示实施例中, 折叠部分位于处于远端 446 的第二波节 N2, 折叠元件 442 从远端 446 向近侧延伸四分之一波长 ($\lambda/4$) 直至第一波腹 A1 和第二波腹 A2, 第一波腹 A1 和第二波腹 A2 与声学远端 448 重合。第一波节 N1 和第二波节 N2 的位移图案和位置沿着端部执行器 438 的纵向长度保持相同。即使第二波节 N2 “提供”自由端, 它也保持波节, 如最小位移振幅或者没有位移振幅。因此, 端部执行器 438 的远端 446 的位移基本为零, 即使当端部执行器 438 被超声致动时, 远端 446 也保持迟钝。在某些操作中这个特征会是所期望的, 以保护可能会与远端 446 接触或者可能会在远端 446 附近的组织。否则, 工作远端会穿过与其接触的组织创建外科手术窗口或者otomy。

[0095] 图 7 用曲线图示出图 4、图 4A 和图 4B 所示的端部执行器 400 的特性超声位移曲线 420。位移曲线 420 示出沿着垂直轴线的根据超声振幅表示的位移和沿着水平轴线的四分之一波长 ($\lambda/4$)。位移曲线 420 的超声振幅在近端 402 处大约为零, 近端 402 为第一波节 N1 的位置。第一波腹 A1 位于距近端 402 四分之一波长 ($\lambda/4$) 处。随着沿端部执行器 400 向远侧运动, 位移曲线 420 在第一 (如近侧) 波腹 A1 的超声振幅为 -1 (-100%), 这表示第一波腹 A1 为最大值或者峰值超声位移的位置。要指出的是, 负号表示在第一波腹 A1 处相

对于第二（如远侧）波腹 A2 的超声位移相位。然而，位移可被表征为根据以上公式 (1) 的时间振荡。第二波节 N2 位于距近端 402 四分之二波长 ($2\lambda/4$) 处。随着沿端部执行器 400 向远侧运动，位移曲线 420 在第二波节 N2 处的超声振幅为零。第二波腹 A2 位于远端 404，远端 404 位于距近端 402 四分之三波长 ($3\lambda/4$) 的距离处。随着沿端部执行器 400 向远侧运动，位移曲线 420 在第二波腹 A2 处的振幅为 +1(+100%)，这表示第二波腹 A2 为最大值或峰值超声位移的位置。如前所述，超声器械的工作长度通常可定义为从端部执行器的工作远端（此处，超声位移最大）到沿着端部执行器的近侧位置的距离，在该近侧位置处，随着靠近波节（此处，超声位移最小），超声位移振幅降至低于预定水平，例如 50%。如图 7 所示，端部执行器 400 具有从位于远端 404 的第二波腹 A2 延伸至近侧位置 424 的工作长度 422，在近侧位置 424 处，超声位移降至 +0.5(+50%) 或者半个峰水平。近侧位置 424 位于四分之三波长部分内。对于图 7 所示位移曲线 420，工作长度 422 为大约 0.65 个四分之一波长或者大约 0.6 英寸 ($\approx 15\text{mm}$)。

[0096] 图 8 用曲线图示出图 5、图 5A、图 5B 和图 6、图 6A、图 6B 分别所示的端部执行器 408 和 438 的超声位移曲线 430。位移曲线 430 示出沿着垂直轴线的根据超声振幅表示的位移和沿着水平轴线的四分之一波长 ($\lambda/4$)。位移曲线 430 的超声振幅在近端 414 处大约为零，近端 414 为第一波节 N1 的位置。第一波腹 A1 位于距近端 414 四分之一波长 ($\lambda/4$) 处。随着沿端部执行器 408、438 的外部部分 410 和 440 向远侧运动，位移曲线 430 在第一（如近侧）波腹 A1 处的超声振幅为 +1(+100%)，这表示第一波腹 A1 为最大值或峰值超声位移的位置。第二波节 N2 位于距近端 414 的四分之二波长 ($2\lambda/4$) 处。随着沿端部执行器 408、438 向远侧运动，位移曲线 430 在第二（如远侧）波节 N2 处的振幅也大约为零。如图 8 所示，端部执行器 408、438 的工作长度 432 被定义为从近侧位置 434a 到远侧位置 434b 的距离，在近侧位置 434a 处，超声位移曲线 430 越过 +0.5(+50%) 的超声振幅（如半个峰水平）之上，在远侧位置 434b 处，超声位移曲线 430 越过 +0.5(+50%) 超声振幅（如半个峰水平）之下。对于图 8 所示的位移曲线 430，工作长度 432 为大约 1.3 个四分之一波长或者约 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。超声位移曲线 430 的峰值位移出现在位于波腹 A1 的工作长度 432 的中间。随着靠近第一端部波节 N1 和第二端部波节 N2，它向着中间的任一侧减小。通过比较，端部执行器 408、438 的工作长度因此大约为图 4 所示端部执行器 400 的工作长度的两倍。

[0097] 图 9 示出包括限定平行声学路径 417 的折叠元件 412 的多元件端部执行器 450 的一个实施例的示意图。多元件端部执行器 450 适于用在图 2A 所示的多元件端部执行器超声系统 1000 的实施例中。多元件端部执行器 450 包括与夹臂 452 可操作地连接的端部执行器 408。夹臂 452 可包括组织垫 454。

[0098] 端部执行器 408 的工作长度区域的超声振幅位移特征图需要夹臂 452 的预定力分布。在传统的端部执行器中，当从波腹 (A) 向着波节 (N) 向近侧运动时，超声振幅位移减小。工作长度被定义为波节 (N) 和波腹 (A) 之间的区域，其中，在该区域内，超声位移保持在最大超声位移的 50% 或者在此之上。已被证实，至少对于第一阶，热量的产生符合简单的摩擦原理，可根据如下公式 (2) 用公式表达摩擦原理：

[0099] $\text{Heat} = \mu vN \quad (2)$

[0100] 其中：

[0101] μ 为摩擦系数；

[0102] v 为超声速率的均方根 (rms) 值；以及

[0103] N 为法向力。

[0104] 为了补偿远离端部执行器的远端的区域中的减小振幅,进而补偿减小的超声速率,传统的夹臂组件在夹臂枢轴点的位置附近、在端部执行器的近端产生最高压力。这通常是通过将夹臂铰接在远侧波节 (N) 处或者铰接在其附近来实现的。当夹臂关闭时,在枢轴点或者夹臂和端部执行器之间形成的接头附近,夹紧力最大。这样的传统的夹紧结构可能既不是最佳的,也不适于图 8 中用曲线图示出的振幅位移特征图。如图 8 所示,位移曲线 430 在位于第一波腹 A1 的中心区域中最大,并远离居中的波腹 A1 向着第一波节 N1 和第二波节 N2 到波腹 A1 的任一侧对称地下降。

[0105] 夹臂 452 能够对端部执行器 408 施加与端部执行器 408 的位移曲线 430 (图 8) 成反比的力。由夹垫 / 夹臂 452 产生的力分布为振幅曲线的倒数,以使得端部执行器 408 的超声速率和作用于它的力的乘积在整个工作长度区域上保持标称恒定。在这两种构思中,将会在夹臂 / 夹垫的中心施加法向力。因此,在一个实施例中,夹臂 452 可被构造为片簧状机构,用于在端部执行器 408 的第一波腹 A1 处施加法向力 456,在端部执行器 408 的近端施加法向力 457a,并且在端部执行器 408 的远端施加法向力 457b。在图示实施例中,当夹具机构完全接合时,在第一波腹 A1 处施加的法向力 456 小于在端部执行器 408 的各个近端和远端施加的法向力 457a、457b。在一个实施例中,夹臂 452 可包括矩形横截面的弹性钢的细长弧形长度形式的片簧机构。本领域的技术人员应当理解,可利用其它夹垫 / 夹臂机构来创建从中心点开始的近对称力分布,该力分布从中心开始减小并向着端部增大。

[0106] 图 10 示出包括限定平行声学路径的折叠元件 412 的多元件端部执行器 460 的一个实施例的示意图。多元件端部执行器 460 适于用在图 2A 所示的多元件端部执行器超声系统 1000 的实施例中。多元件端部执行器 460 包括与铰接夹臂组件 462 可操作地连接的端部执行器 408。铰接夹臂组件 462 包括第一组织垫构件 464a 和第二组织垫构件 464b。铰接夹臂组件 462 可包括在枢轴点 468 处连接的第一构件 462a 和第二构件 462b 形式的铰链构型。第一构件 462a 和第二构件 462b 适于接纳相应的第一组织垫构件 464a 和第二组织垫构件 464b。弹簧 470 将力施加于铰接的第一夹臂构件 462a 和第二夹臂构件 462b。弹簧 470 可以是扭转弹簧、板簧或者本领域已知的任何其它合适类型的弹簧。铰链还可以是活动铰链,在活动铰链中,在任一侧存在相对于夹臂的较长部分变细的中心部分。本领域的技术人员应当理解,活动铰链在机械设计领域中是公知的。

[0107] 在一个实施例中,铰接夹臂组件 462 可被构造为包括枢轴点 468 的铰链状机构,用于在端部执行器 408 的工作长度区域的端部施加最大的力 467a、467b,并且在位于第一波腹 A1 的中心施加足够的力 466。夹臂 462 对端部执行器 408 施加的力 466 和 467a、467b 理想上与图 8 中用曲线图示出的位移曲线 430 成反比。

[0108] 图 11 示出可延伸管状端部执行器 478 的一个实施例的纵向剖面图。在一个实施例中,端部执行器 478 适于用在图 1 所示的单元件端部执行器超声系统 10 的实施例中。在另一个实施例中,端部执行器 478 可适于用在多元件端部执行器系统 1000 的实施例中。端部执行器 478 包括主体 480 和折叠元件 482,主体 480 具有近端 484 和远端 486,折叠元件 482 与主体 480 可滑动地连接。在图示实施例中,端部执行器 478 为伸展构型中所示的管状

端部执行器。折叠元件 482 可沿着纵向轴线按箭头 490a、490b 所示的方向可滑动地运动。一旦折叠元件 482 延伸,它就被锁在适当的位置以用作合适的超声传输元件。为了使端部执行器 478 处于伸展构型,通过任何适合的技术使折叠元件 482 沿箭头 490a 所示方向延伸。在图示实施例中,折叠元件 482 被构造为圆柱形元件。圆柱形折叠元件 482 可向着远端向前滑动。可利用几种机制使折叠元件 482 滑动。在一个实施例中,折叠元件 482 可被构造为在近端具有带外螺纹的部分,用于与 478 的远端中形成的相匹配的带内螺纹的部分接合。一旦折叠元件 482 位于回缩构型或伸展构型,就用足够的力将折叠元件 482 “锁”定就位,以适当地在伸展构型下将超声能量传输到远端 488 或者在回缩构型下将超声能量传输到声学远端 489。可并入使外护套滑动的另外的机构,以保护组织不受近侧四分之二波长部分中的振动的影响,并使组织暴露于远侧的四分之一波长。同样,可设置使对称的夹臂/夹垫组件 452、462(图 9、图 10)向远侧滑动以使其仅用于远侧四分之一波长的机构。

[0109] 在回缩构型(以虚线显示)下,可延伸端部执行器 478 的物理长度 L_1 为四分之二波长 ($2\lambda/4$)。在伸展构型下,端部执行器 478 的物理长度为大约四分之二波长 ($2\lambda/4$),折叠元件 482 的长度 L_3 为大约四分之一波长 ($\lambda/4$)。折叠元件 482 形成端部执行器 478 的远侧的四分之一波长 ($\lambda/4$)。在伸展构型下,端部执行器 478 和折叠元件 482 的组合长度的物理长度 L_2 为大约四分之三波长 ($3\lambda/4$)。折叠元件 482 可形成为实心杆,该实心杆的纵向横截面积大约与管状端部执行器 478 跨越平行声学路径 487 的横截面积相同。应当理解,端部执行器 478 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中,“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。类似地,折叠元件 482 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中,“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。该实施例不局限于这种情况。

[0110] 在以虚线显示的回缩构型下,远端 486 与第二波节 N_2 重合。因此,在回缩构型下,端部执行器 478 的位于波节 N_2 部分的自由远端 486 具有标称为零的位移,并提供迟钝表面以避免当使用 480 的工作长度时对相邻组织造成损伤。

[0111] 在伸展构型下,折叠元件 482 从第二波节 N_2 延伸至第二波腹 A_2 。折叠元件 482 的远端 488 为与第二波腹 A_2 重合的最大振幅位移的区域。在伸展模式下,远端 488 可用于创建外科手术窗口、-otomy 或回切。可通过任何合适的技术使折叠元件 482 沿箭头 490b 所示方向收缩。在回缩构型(以虚线显示)下,折叠元件 482 可滑动地定位到端部执行器 478 的中空部分 483 中。在回缩构型下,端部执行器 478 包括就位移而言位于第一波腹 A_1 的声学远端 489,并由端部执行器 478 的主体 480 的外表面限定平行声学路径 487。在图示实施例中,平行声学路径 487 在第一波腹 A_1 和第二波节 N_2 之间延伸。声学远端 489 为最大振幅位移的区域。由于声学远端 489 位于中空部分 483 内,所以避免了在高振幅与相邻组织的意外接触。

[0112] 在伸展构型下,远端 488 可适用于其它外科手术操作,例如创建外科手术窗口、-otomies 和/或背切。在背切操作中,外科医生可利用远端 488、端部执行器 478 的活动顶端沿着平面分割组织。

[0113] 例如,可延伸端部执行器 478 的近端 484 能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接。近端 484 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分或者可形成该部分。对于与速率变换器 28 的直接连接,端部执行器 478 可向近侧延伸四分之一波长 ($\lambda/4$),以使得近端 484 与波腹重合。因此,速率变换器 28 和端部执行器 478 可

在它们各自的波腹处连接在一起,系统频率保持接近所需的标称值。在一个实施例中,标称频率为(例如)55.5kHz。添加的近侧四分之一波长的面积可与外部平行路径的面积相同(即,向近侧延伸四分之一波长)。在这种情况下,没有增益。如果近侧部分的面积增大,则由于这表示面积相对于478减小,因此将存在振幅增益。端部执行器478可包括增益、衰减和其它特征,用于实现所需的性能。在回缩构型下,端部执行器478包括就振幅位移而言与第二波节N2重合的自由远端486。远端486为最小振幅的区域,在该区域中,纵向超声振动和超声位移最小。在回缩构型下,可延伸端部执行器478还包括位于第二波腹A2的远端488。因此,远端488为最大振幅的区域,在该区域中,纵向超声振动和超声位移最大。因此,可利用折叠元件482的远端488来对组织施加动作。

[0114] 在其它实施例中,可使折叠元件482在位于波节“N”和波腹“A”之间的位移区域处折叠,以使得可如以下图20所示将声学远端488的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。图20所示的折叠平行路径707的长度大于四分之一波长($> \lambda/4$)。

[0115] 仍然在其它实施例中,折叠元件482的物理长度可小于四分之一波长($\lambda/4$),或者小于其整数倍($n\lambda/4$),以使得当折叠元件482收缩时将远端488的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。端部执行器478和延伸的折叠元件482的组合长度L2可以是任何合适数量的波长(λ)。

[0116] 如之前参照图5、图5A、图5B所述,在“折叠部分”的位置,可延伸端部执行器478保持在没有折叠时该位置的超声位移特性。例如,如图11所示,折叠部分位于第二波节N2处,折叠元件482可从与第二波节N2重合的远端486延伸四分之一波长($\lambda/4$)直至与第二波腹A2重合的延伸远端488。在回缩构型下,第二波节N2保持第二波节N2,并“提供”自由端。

[0117] 图12示出可旋转端部执行器500的一个实施例的示意图。在一个实施例中,可延伸端部执行器500适于用在图1所示的单元件端部执行器超声系统10的实施例中。在另一个实施例中,端部执行器500可适于用在多元件端部执行器系统1000的实施例中。端部执行器500包括主体501和折叠元件502,主体501具有近端504和远端506,折叠元件502与主体501可旋转连接。在图示实施例中,端部执行器500为开槽的矩形条,其包括实心细长元件512和形成在远端的狭槽519。折叠元件502可绕细长元件512的远端506处的枢转轴线510可旋转地运动。为了使端部执行器500处于伸展构型,折叠元件502可沿箭头514a所示方向绕轴线510向外旋转。在伸展构型下,折叠元件502从第二波节N2延伸至第二波腹A2,并表现为传统的超声器械,其最大超声位移出现在与第二波腹A2重合的远端508。为了使端部执行器500处于回缩构型(以虚线显示),折叠元件502可沿箭头514b所示方向绕轴线510向内旋转。在回缩构型下,端部执行器500的远端508还表现为就位移而言位于第一波腹A1处的声学远端509,并由端部执行器500的主体501的外表面形成平行声学路径517。远端508为最大振幅的区域,在该区域中,纵向超声振动和超声位移最大。折叠元件502的远端508能够对组织施加动作。在一个实施例中,枢转轴线510可被实现为铰链机构。

[0118] 图13是笔直细长的端部执行器520的示意图。在图示实施例中,端部执行器520的长度L4为四分之二波长($2\lambda/4$)。端部执行器520从位于第一波腹A1的近端522延伸,穿过波节N1,终止于位于远端524的第二波腹A2。图16中用曲线图示出端部执行器520

的超声位移曲线。

[0119] 图 14 是包括限定平行声学路径 533 的折叠元件的端部执行器 530 的一个实施例的示意图。在图示实施例中,可通过在波节 N1 的位置折叠笔直细长杆端部执行器 520(图 13) 来形成端部执行器 530。因此,在图示实施例中,端部执行器 530 包括第一元件 532 和折叠第二元件 534,第一元件 532 从第一波腹 A1 延伸至波节 N1,折叠第二元件 534 向着近端反折以限定平行声学路径 533。在图示实施例中,折叠第二元件 534 可基本上与第一元件 532 平行,并从波节 N1 延伸至第二波腹 A2。在其它实施例中,折叠第二元件 534 可不与第一元件 532 平行。在其它实施例中,折叠第二元件 534 可从波节 N1 延伸至超过第二波腹 A2。应当理解,端部执行器 530 的长度 L_5 可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中“ n ”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。类似地,折叠第二元件 534 的长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中“ n ”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。例如,近端 536 可适于并能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接。近端 536 的长度可延伸另外的四分之一波长,以使得端部执行器 530 和速率变换器 30 可在相应的波腹处连接。近端 536 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分,或者可形成该部分。端部执行器 530 包括基本上与第二波腹 A2 重合的声学远端 538,声学远端 538 能够对组织施加动作(如切割和/或凝结)。如图 14 所示,可通过大体刚性的第三构件 540 来连接第一元件 532 和第二元件 534。第一元件 532 和第二元件 534 的位移参照的是近端 536 和声学远端 538。然后,第一元件 532 和第二元件 534 在 $x = 0$ 处(如第一波腹 A1 和第二波腹 A2 对齐的位置)的位移基本上相等且相反。因此,第一元件 532 和第二元件 534 沿着它们的纵向长度具有大小相同但方向相反的超声位移。因此,端部执行器 530 的物理长度 L_5 为细长端部执行器 520(图 13) 的长度 L_4 的一半。在图 17 中用曲线图示出端部执行器 530 的超声位移曲线。

[0120] 图 15 是包括限定平行声学路径 556 的折叠元件 562 的端部执行器 550 的一个实施例的示意图。在图示实施例中,可通过在与波节 N1 重合的位置处折叠笔直端部执行器 520(图 13) 的远侧部分以限定钩形式的折叠元件 552 来形成端部执行器 550。因此,在图示实施例中,端部执行器 550 包括细长部分 554 和折叠元件 552,细长部分 554 从近端 558 延伸至第一波腹 A1,折叠元件 552 从第一波腹 A1 延伸至波节 N1。折叠元件 552 包括第一元件 560 和折叠第二元件 562,第一元件 560 从第一波腹 A1 延伸至波节 N1,折叠第二元件 562 从波节 N1 延伸至第二波腹 A2。折叠第二元件 562 向着近端反折,以形成平行声学路径 553。折叠第二元件 562 大体上与第一元件 560 平行。端部执行器 550 的长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中“ n ”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。类似地,细长元件 554 和折叠元件 556 的长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中“ n ”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。端部执行器 550 包括能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接的近端 558。近端 558 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分,或者可形成该部分。端部执行器 550 包括大体与第二波腹 A2 对齐的声学远端 564,声学远端 564 能够对位于第一元件 560 和第二元件 562 之间限定的开口 566 中的组织施加动作(如切割和/或凝结)。如图 15 所示,可通过使笔直细长杆超声传输波导的远侧部分弯曲来形成折叠元件 552 或钩。本领域的技术人员应当认识到,细长部分 554 和/或折叠元件 552 可结合平衡特征以使近侧细长部分 554 中的横向振动最小。在美国专利 No. 6, 283, 981 和

No. 6, 328, 751 中公开了具有平衡的端部执行器特征的超声外科器械的实例,全文以引用方式并入本文中。如果在位置 $x = 0$ 处参照第一元件 560 和第二元件 562 的每个的位移,则第一元件 560 和第二元件 562 的位移基本上相等且相反,在位置 $x = 0$ 处,第一波腹 A1 和第二波腹 A2 对齐。因此,第一元件 560 和第二元件 562 沿着它们的纵向长度具有大小相同但方向相反的超声位移。因此,端部执行器 550 的折叠元件 552 的物理长度为整个组织上的位移的两倍,因此,有效速率为两倍,因此,热量更大。

[0121] 在图 15 所示实施例中,可将组织定位在第一元件 560 和第二元件 562 之间限定的开口 566 中。开口 566 的长度可以是四分之一波长 ($\lambda/4$),或者可以是四分之一波长的任意整数“n”倍 ($n\lambda/2$, 其中“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。在工作中,折叠元件 552 可被拉伸穿过组织的一部分以连续横切和凝结组织。在一个实施例中,折叠元件 552 可用作固定超声刀,例如用于肠系膜切除。在这样的实施例中,可在远端 568 以彼此成预定角度的方式定位第一元件 560 和第二元件 562。成角度特征可适于当在横切和凝结操作期间向着位于远端 568 的波节 N1 对组织施加力时增加夹持压力。在另一个实施例中,折叠部分 552 可用作剪切刀头。然而,在这样的实施例中,可对第一元件 560 和第二元件 562 的每个的相对超声位移振幅进行调节,以使第一元件 560 和第二元件 562 形成金属-金属的物理接触时会引起的任何有害效果最小。在剪切刀头实施例的另一个实施方式中,第一元件 560 和第二元件 562 可形成有相对薄的涂层(如聚合物、金属或氧化物)以消除第一元件 560 和第二元件 562 之间的金属-金属的直接接触或者使第一元件 560 和第二元件 562 之间的金属-金属的直接接触最小。这样的机构可与远端 568 连接,该机构施加挤压力以使第一元件 560 和第二元件 562 挠曲,从而使它们在剪切模式下工作。在这样的实施方式中,第一元件 560 和第二元件 562 可被构造为可在横切过程期间关闭同时仍传输超声能量的各个夹具。

[0122] 图 16 用曲线图示出图 13 所示的笔直细长的端部执行器 520 的特性超声位移曲线 570。沿着垂直轴线示出根据超声振幅表示的位移,沿着水平轴线示出四分之一波长的数量。第一波腹 A1 处的位移曲线 570 振幅为 +1(+100%),这表示第一波腹 A1 为最大值或峰值超声位移的位置。位移振幅随着靠近波节 N1 而减小,在波节 N1 处,位移曲线 570 振幅为零。位移曲线 570 振幅在靠近第二波腹 A2 时向着负最大位移增大,在第二波腹 A2 处,位移曲线 570 的振幅为 -1(-100%),这表示波腹 A2 为负最大值或峰值超声位移的位置。第一波腹 A1 位于零四分之一波长处或者近端 522 处(图 13),波节 N1 位于距近端 522 四分之一波长 ($\lambda/4$) 处,第二波腹 A2 位于距近端 522 四分之二波长 ($2\lambda/4$) 处。端部执行器 520 的工作长度 572 为大约 0.65 个四分之一波长。从第二波腹 A2 到位于 -50% 的位移曲线 570 的工作长度 574 为约 0.65 个四分之一波长。

[0123] 图 17 用曲线图示出图 14 所示的包括限定平行声学路径 533 的折叠元件的端部执行器 530 的一个实施例的特性超声位移曲线 580。曲线 580 还应用于图 4、图 5 和图 6 所示的其它折叠端部执行器实施例,并起始于它们各自的 A1 波腹。沿着垂直轴线显示根据超声振幅表示的位移,沿着水平轴线显示四分之一波长的数量。第一波腹 A1 处的位移曲线 580 振幅为 +1(+100%),这表示第一波腹 A1 为最大值或峰值超声位移的位置。当靠近波节 N1 时,位移振幅减小。波节 N1 处的位移振幅为零。当靠近第二波腹 A2 时,位移曲线 580 振幅向着负最大位移增加,在第二波腹 A2 处,位移曲线 580 的振幅为 -1(-100%),这表示第

一波腹 A1 为负最大值或峰值超声位移的位置。第一波腹 A1 和第二波腹 A2 位于近端 536 处,波节 N1 位于距近端 536 四分之一波长 ($\lambda/4$) 处。端部执行器 530 的工作长度保持标称 0.65 波长。然而,582 和 584 这两个部分具有对它们之间捕获的组织施加动作的工作长度。然而,它们的工作长度具有沿着相反方向运动的位移,所以组织上的速率基本上加倍,因此,传递到组织的热能加倍。

[0124] 图 18 是包括限定平行声学路径 607 的折叠元件 602 的端部执行器 600 的一个实施例的示意图。在图示实施例中,折叠部分恰好位于远侧波节 N2 将所处位置之前。图 18A 是图 18 所示端部执行器 600 沿着线 18A-18A 截取的剖视图。在一个实施例中,端部执行器 600 适于用在图 1 所示的单元件端部执行器超声系统 10 的实施例中。在另一个实施例中,端部执行器 600 可适于用在图 2A 所示的多元件端部执行器系统 1000 的实施例中。端部执行器 600 包括主体 609 和折叠元件 602,主体 609 具有近端 604 和远端 606,折叠元件 602 与主体 609 连接。现在参照图 18 和图 18A,在一个实施例中,折叠元件 602 起始于位于波节 “N” 和波腹 “A” 之间的位移区域 N', 延伸超过第一波腹 A1,终止于与第二波腹 A2 重合的声学远端 608。可通过适当地将声学远端 608 定位在距远端 606 的预定距离处来将声学远端 608 的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。端部执行器 600 包括近端 604 和远端 606。折叠元件 602 起始于远端 606,远端 606 与位于第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间的位移区域 N' 重合。在图示实施例中,N' 位于距第二波节 N2 小于四分之一波长 ($\lambda/4$) 的距离处。折叠元件 602 从远端 606 与纵向轴线 B 平行地向着近端 604 向近侧延伸到超过第一波腹 A1 的区域直至第二 (如折叠) 波腹 A2。端部执行器 600 的远侧部分的主体 609 的外表面和折叠元件 602 限定平行声学路径 607。应当理解,平行声学路径 607 的长度基本上与折叠元件 602 的长度相同。示出的第二波腹 A2 仅仅是为了示出声学远端 608 的位置。在图示实施例中,端部执行器 600 的长度 L' 的物理长度小于四分之一波长 ($L' < \lambda/4$)。在图示实施例中,折叠元件 602 的长度大于四分之一波长 ($> \lambda/4$)。折叠元件 602 可形成实心杆,该实心杆形成端部执行器 600 的远侧四分之一波长。应当理解,端部执行器 600 的长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中 “n” 为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。类似地,折叠元件 602 的物理长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中 “n” 为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。

[0125] 例如,端部执行器 600 的近端 604 可适于并能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接。对于与速率变换器 28 的直接连接,端部执行器 600 可向近侧延伸四分之一波长 ($\lambda/4$),以使得近端 604 与波腹重合。因此,速率变换器 28 和端部执行器 600 可以在它们各自的波腹处连接在一起,系统频率保持接近所需的标称值。在一个实施例中,标称频率为 (例如) 55.5kHz。添加的近侧四分之一波长的面积可与外部平行路径的面积相同 (即,向近侧延伸四分之一波长)。在这种情况下,没有增益。如果近侧部分的面积增大,则由于面积相对于 600 减小,因此将存在振幅增益。端部执行器 600 可包括增益、衰减和其它特征,用于实现所需的性能。近端 604 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分,或者可形成该部分。端部执行器 600 可包括增益、衰减和 / 或其它特征,用于实现所需的性能。端部执行器 600 的远端 606 为外部和内部平行声学路径的位移相等的区域。在图示实施例中,可选择 N' 处的折叠部分与 50% 振幅点重合。在远侧顶端 606,位移曲线 (图 19) 的斜率相反。因此,应力相等且相反并存在应力平衡。声学远端 608 就

位移而言位于第二波腹 A2, 在图 19 中被称为折叠波腹 A2。因此, 声学远端 608 为局部负最大振幅的区域, 在该区域中, 纵向超声振动的超声位移接近负最大值。

[0126] 在各种实施例中, 折叠元件 602 的长度可以大于或小于四分之一波长 ($\lambda/4$), 或者可小于其整数倍 ($n\lambda/4$), 以使得可根据声学远端 608 的位置和折叠元件 602 的总长度来将声学远端 608 的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。端部执行器 600 和折叠元件 602 的长度可以是任意合适数量的四分之一波长 ($\lambda/4$)。折叠部分 (N') 的特别有利的位置在第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间的 50% 振幅水平处。这表示远端 606 将在位于最小有效振幅处的工作长度的极限处, 以产生所需的组织动作。振幅在超过第一波腹 A1 的近侧保持高于最小有效振幅。随着进一步向第一波节 N1 向近侧前进, 振幅降至低于 50% 的所需水平。这表示对于用以 55.5kHz 工作的钛设计的端部执行器, 工作长度 (图 19 中所示的 L_A) 向回向着远端延伸 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。

[0127] N' 处的“折叠部分”沿着端部执行器 600 的纵向延伸的位置保持在折叠之前该位置的超声位移特性。例如, 在图 18 中, 端部执行器 600 中的折叠部分位于第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间的 N' 处, 实心杆折叠元件 602 从远端 606 延伸四分之一波长 ($\lambda/4$) 直至声学远端 608, 声学远端 608 恰好位于超过第一波腹 A1 的第二波腹 A2。实心杆折叠元件 602 的纵向横截面积与端部执行器 600 跨越折叠部分 N' 和第二波腹 A2 之间的纵向横截面积相同。折叠部分 N' 处的位移对于外部平行声学路径 607 以及内部平行声学路径是正的。因此, 当端部执行器 600 被超声致动时, 其远端 606 工作。图 19 用曲线图示出端部执行器 600 的超声位移曲线 630。

[0128] 图 19 用曲线图示出包括限定平行声学路径 607 的折叠元件 602 的图 18 和图 18A 所示的端部执行器 600 的一个实施例的特性超声位移曲线 630。沿着垂直轴线示出超声振幅, 沿着水平轴线示出四分之一波长。位移曲线 630 的振幅在近端 604 处大约为零, 近端 604 为第一波节 N1 的位置。位移曲线 630 在第一波腹 A1 处的振幅为 +1 (+100%), 这表示第一波腹 A1 为最大值或峰值超声位移的位置。第一波腹 A1 位于距近端 604 四分之一波长处。位移曲线 630 在第二波节 N2 的振幅将大约为零。然而, 端部执行器 600 恰好在第二波节 N2 将所处位置之前的折叠部分 N' 处折叠。第二波节 N2 将位于距近端 604 四分之二波长 ($2\lambda/4$) 处。因此, 位移曲线 630 在折叠部分 N' 处的振幅是正的。在图 19 所示的实施例中, 选择折叠部分 N' 的位置, 以使得折叠部分 N' 处的振幅为最大值的 50%。折叠部分 N' 位于距前一波腹 A1 小于四分之一波长 ($< \lambda/4$) 处。如前所述, 超声器械的工作长度 L_A 通常被定义为从端部执行器的远端 (其中, 超声位移最大) 到沿着端部执行器的近侧位置的距离, 在所述近侧位置中, 当靠近波节 (其中, 超声位移最小) 时, 超声位移降至低于预定水平。端部执行器 600 的工作长度 632 (或者 L_A) 被定义为从沿着外部平行声学路径的近侧位置 634a 到在自由远端 606 处折叠部分 N' 处的远侧位置 634b 的距离, 在近侧位置 634a 处, 超声位移越过 50% 或者半个峰水平之上, 在远侧位置 634b 处, 超声位移越过 50% 或者半个峰水平之下。对于图 19 所示的位移曲线 630, 工作长度 632 为大约 1.3 个四分之一波长或者大约 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。超声位移曲线 630 的峰值位移出现在波腹 A1 处。当靠近第一波节 N1 和折叠部分 N' 时, 它向中间的任一侧下降。通过比较, 端部执行器 630 的工作长度因此大约为图 4 所示的中空管端部执行器 400 的工作长度的两倍。

[0129] 图 20 示出包括限定平行声学路径 707 的折叠元件 702 的开槽端部执行器 700 的

一个实施例。在图示实施例中,折叠部分恰好位于最远侧的波节 N2 之前。图 20A 示出图 20 所示的开槽端部执行器 700 沿着线 20A-20A 截取的剖视图。在一个实施例中,端部执行器 700 适于用在图 1 所示的单元件端部执行器超声系统 10 的实施例中。在另一个实施例中,端部执行器 700 可适于用在图 2A 所示的多元件端部执行器系统 1000 的实施例中。端部执行器 700 包括主体 709 和折叠元件 702,主体 709 具有近端 704 和远端 706,折叠元件 702 与主体 709 连接。参照图 20 和图 20A,折叠元件 702 起始于位移区域折叠部分 N', 向近侧延伸,终止于声学远端 708。因此,折叠元件 702 从折叠部分 N' 处的远端 706 延伸,从远端 706 与纵向轴线 B 平行地向着近端 704 向近侧延伸穿过第一波腹 A1 直至第二(如折叠)波腹 A2。折叠部分 N' 位于距最远侧的波腹 A1 小于四分之一波长 ($\lambda/4$) 的距离处。端部执行器 700 包括近端 704 和远端 706。端部执行器 700 的远侧部分的主体 709 的外表面和折叠元件 702 限定平行声学路径 707。示出的第二波腹 A2 仅仅是为了示出第二波腹 A2 的位置。在图示实施例中,端部执行器 700 的长度 L' 小于四分之一波长 ($L' < 2\lambda/4$)。端部执行器 700 包括实心近侧部分 712 和形成在远侧部分的开槽部分 710。开槽部分 710 限定折叠元件 702。折叠元件 702 的长度大约为四分之一波长 ($\lambda/4$)。折叠元件 702 可以是实心杆,该实心杆的横截面积与由端部执行器 700 的部分 702a 和 702b 限定的总横截面积相同。折叠元件 702 形成端部执行器 700 的远侧的四分之一波长 ($\lambda/4$)。应当理解,端部执行器 700 的长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。类似地,折叠元件 702 的长度可以是四分之一波长的整数倍 ($n\lambda/4$, 其中“n”为任意正整数,如 $n = 1, 2, 3, \dots$)。

[0130] 例如,端部执行器 700 包括近端 704,近端 704 能够如图 1 和图 2A 所示在表面 30 与速率变换器 28 连接。对于与速率变换器 28 的直接连接,端部执行器 700 可向近侧延伸四分之一波长 ($\lambda/4$),以使得近端 704 与波腹重合。因此,速率变换器 28 和端部执行器 700 可在它们各自的波腹处连接在一起,系统频率保持接近所需的标称值。在一个实施例中,标称频率为(例如)55.5kHz。添加的近侧四分之一波长的面积可与外部平行路径的面积相同(即,向近侧延伸四分之一波长)。在这种情况下,没有增益。如果近侧部分的面积增大,则由于面积相对于 700 减小,因此将存在振幅增益。端部执行器 700 可包括增益、衰减和其它特征,用于实现所需的性能。近端 704 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分,或者可形成该部分。端部执行器 700 的远端 706 为外部和内部平行声学路径的位移相等的区域。近端 704 可连接至沿近侧方向进一步延伸的另外的传输波导的一部分,或者可形成该部分。折叠端部执行器 700 可包括增益、衰减和其它特征,用于实现超声外科器械所需的性能。端部执行器 700 包括与折叠部分 N' 重合的自由远端 706(例如超声刀顶端),自由远端 706 距最远侧的波腹 A1 的距离小于四分之一波长 ($\lambda/4$)。因此,远端 706 为外部和内部平行声学路径的位移都为正的区域。在实施例中,可选择折叠部分 N' 与 50% 振幅点重合。在远侧顶端 706 处,位移曲线的斜率(与图 19 中所示的位移曲线近似)是相反的。因此,应力相等且相反并存在应力平衡。端部执行器 700 还包括就位移而言位于第二波腹 A2 处的声学远端 708,其被称为折叠波腹 A2。因此,声学远端 708 为局部负最大振幅附近的区域,在该区域中,纵向超声振动和超声位移接近负最大值。

[0131] 在各种实施例中,折叠元件 702 的长度可以大于或小于四分之一波长 ($\lambda/4$),或者小于其整数倍 ($n\lambda/4$),以使得可基于声学远端 708 的位置和折叠元件 702 的长度将声

学远端 708 的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。开槽部分 710 的长度可以大于或小于任何数量的四分之一波长 ($\lambda/4$)。仍然,端部执行器 700 和折叠元件 702 的总长度可以是任何合适数量的四分之一波长。折叠部分特别有利的位置在折叠部分 N' 处第一波腹 A1 和第二波节 N2 之间的 50% 振幅水平处。这表示远端 706 将在振幅的极限处,用于产生所需的组织动作。振幅在超过第一波腹 A1 的近侧保持高于最小有效振幅。随着向近侧靠近第一波节 N1,振幅降至低于 50% 的所需水平。这表示对于用以 55.5kHz 工作的钛设计的端部执行器,工作长度向回向着远端延伸 1.3 个波长或 1.2 英寸 ($\approx 30\text{mm}$)。

[0132] 折叠部分 N' 沿着端部执行器 700 的纵向延伸的位置保持在折叠之前该位置的超声位移特性。例如,在图 20 中,折叠位置 N' 位于距第一波腹 A1 小于四分之一波长 ($\lambda/4$) 处。如图 19 所示,对于外部平行声学路径 707 以及内部平行声学路径,折叠部分 N' 处的位移是正的。因此,当器械被超声致动时,其远端 706 工作。

[0133] 图 21A 示出包括限定平行声学路径 807 的折叠元件 812 的多元件开槽端部执行器 800 的一个实施例。端部执行器 800 包括具有声学远端 802 的折叠元件 812。在图示实施例中,折叠部分恰好位于最远侧的波节之前。如以上参超图 19 和图 20 所述,折叠部分 N' 位于距前一波腹小于四分之一波长 ($< \lambda/4$) 处。选择折叠部分 N' 的位置,以使得折叠部分 N' 的振幅为最大值的 50%。端部执行器 800 适于在夹垫组件和端部执行器 800 的密封元件部分之间所夹的组织中形成多个密封区域。图 21B 示意性地示出与夹臂 804 可操作地连接的端部执行器 800 的侧视图。夹臂 804 适于容纳组织垫 806。如前所述,夹臂 804/组织垫 806 组件(夹臂组件)能够将压缩力或偏置力施加于组织以实现更快地凝结(如密封)和切割组织。夹臂 804 以可转动的方式绕枢轴销(未示出)安装以旋转到打开位置来在夹臂 804 和端部执行器 800 之间容纳组织。夹臂 804 和组织垫 806 能够沿着夹臂 804 的长度(优选沿着端部执行器 800 的工作长度)创建预定的力分布。

[0134] 图 21C 示意性地示出与夹臂 804 可操作地连接的端部执行器 800 的一个实施例的侧视图,其中,组织 808 的一部分位于夹臂 804 和端部执行器 800 之间。组织 808 被压缩在夹臂 804 和端部执行器 800 之间。通过利用超声能量使端部执行器 800 致动来密封组织 808。

[0135] 图 21D 示意性地示出端部执行器 800 的一个实施例的俯视图,其中,沿着端部执行器 800 的密封表面 810a 和 810b 形成组织密封区域。在图 21D 所示实施例中,为了清晰起见,没有示出夹臂 804。组织密封区域形成在密封元件 810a、810b 和组织垫 806 之间。选择折叠元件 812 的宽度,以使得组织 808 被组织垫 806 压缩在密封边缘 810a、810b 和组织垫 806 之间,而没有被压缩在密封边缘 810a、810b 之间的中心部分中。一旦组织 808 被压缩在密封边缘 810a、810b 和组织垫 806 之间,端部执行器 800 就被超声致动,以沿着密封边缘 810a、810b 形成组织密封区域。端部执行器 800/组织垫 806 组合所产生的热能被沿着密封边缘 810a、810b 传递到组织 808,保留组织 808 沿着切割线 C 的中心部分不密封。一旦沿着密封边缘 810a、810b 形成组织密封区域,就可使用刀沿着切割线 C 切割未密封的组织 808。

[0136] 已就物理控制纵向平面波传播对折叠端部执行器的性能进行了论述。本领域的技术人员应当认识到,折叠部分的存在将在折叠部分区域中引入剪切应力。因此,在以上实施例中论述的自由端处的标称位移表示在端部执行器的整个远侧面上的平均值。

[0137] 已参照图 15 的端部执行器 550 对平衡特征的结合进行了论述。当可能需要减少不期望的横向运动时,可将平衡特征结合在折叠端部执行器的任何部分中。

[0138] 应当理解,本文所述的超声传输波导和 / 或端部执行器的任何实施例可形成横截面为圆形、矩形、正方形、三角形或其它合适多边形的管状或实心构件(如杆、条)。超声传输波导和 / 或端部执行器可形成有笔直或成锥形的边缘,用于放大、衰减或传输由压电或磁致伸缩致动器产生的振动的振幅。此外,折叠元件可形成横截面为圆形、矩形、正方形、三角形或其它合适多边形的管状或实心构件(如杆、条)。折叠元件可形成有笔直或成锥形的边缘,用于放大、衰减或传输由压电或磁致伸缩致动器产生的振动的振幅。该实施例不局限于这种情况。

[0139] 参照之前所述的任何实施例,超声器械可包括两个或更多个活动超声端部执行器,以在多个活动端部执行器之间捕获组织。例如,在一个实施例中,器械可包括两个活动超声端部执行器以在超声位移基本上相等并相反的两个端部执行器元件之间捕获组织。在这样的实施例中,可传递到组织的功率加倍,功率相对于组织的中心可以是对称的。这后一特征可改进密封强度,并能够实现超声吻合。如上所述包括折叠元件的端部执行器可用于实现两倍的工作长度。折叠元件可在直接部分中表现超声位移,并在平行部分中表现相反位移,以实现两个活动端部执行器。折叠共振元件能够在位移波节 N 处折叠远侧部分。在折叠部分的位置,折叠共振元件的远端为在其被折叠之后保持波节 N 的自由端。然而,折叠部分的声学远端是活动的,位于波腹 A 处。

[0140] 参照之前所述的任何实施例,应当理解,在其它实施例中,折叠元件(如折叠杆超声端部执行器和折叠超声刀部分)可与位于波节“N”和波腹“A”之间的位移区域连接,以使得可将声学元件的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。仍然在其它实施例中,折叠元件的物理长度可小于四分之一波长($\lambda/4$),或者小于其整数倍($n\lambda/4$),以使得将远端的超声位移安排在最大位移和最小位移之间。另外,折叠超声传输波导的笔直部分的长度可以是任何合适数量的波长(λ)。

[0141] 参照图 2A-D、9、10 和 21A-D,这些图示出包括多元件端部执行器和夹臂组件的各种实施例,夹臂组件包括近侧组织垫部分、远侧组织垫部分和组织垫插入部分。夹臂组件相对于超声刀的枢转运动可能会因在夹臂组件的夹臂部分上提供了一对枢轴点而受到影响,其中夹臂组件通过焊接销轴紧固件或其他紧固装置(未示出)与超声外科器械接合。组织垫部分可以通过机械方式连接到夹臂上,这些机械方式包括(例如)铆钉、胶水、粘接剂、环氧树脂、压力配件或本领域已知的任何其他紧固技术。此外,组织垫部分可以通过任何已知的方式可拆卸地附连到夹臂上。

[0142] 在各种实施例中,夹臂可包括用于接纳组织垫(如本文所述的组织垫 806、1021)的 T 型凸缘的 T 性狭槽。在各种实施例中,一体式组织垫组件可以包括组织垫部分,并且还包括 T 型凸缘,该 T 型凸缘被接纳到夹臂组件的 T 型狭槽内。可以设想包括鸠尾狭槽和楔形凸缘的其他构型。正如本领域的技术人员可以理解的那样,凸缘和对应的狭槽具有可供选择的形状和尺寸,以将组织垫可拆卸地固定到夹臂上。

[0143] 本文所公开的器械可被设计为单次使用后丢弃,或可被设计为可使用多次。然而无论是哪种情况,该器械都可在至少使用一次后经过修复再行使用。修复可包括以下步骤的任何组合:拆卸装置,然后清洗或更换特定零件,以及后续的重新组装。具体地讲,可拆卸

该装置,并且可以任何组合选择性地更换或移除装置的任何数量的特定零件或部件。清洗和 / 或更换特定部件时,可在修复设施处或在即将进行外科手术操作前由外科手术小组重新装配装置,以供后续使用。本领域的技术人员应当知道,器械修复可利用多种技术进行拆卸、清洗 / 更换和重新组装。此类技术的使用以及所得修复的装置均在本发明的范围内。

[0144] 优选地,在外科手术之前将对本文所述的装置的各种实施例进行处理。首先,获取新的或用过的器械,并根据需要进行清洗。然后可对器械进行消毒。在一种消毒技术中,将器械置于闭合并密封的容器中,例如塑料或 TYVEK®袋中。然后将容器和器械置于可穿透该容器的辐射场,例如 γ 辐射、X 射线或高能电子。辐射将杀死器械上和容器中的细菌。然后可将消毒后的器械保存在消毒容器中。该密封容器在医疗设施中被打开之前使器械保持在无菌状态。

[0145] 器械优选地经过消毒。这可以通过本领域的技术人员已知的任何数量的方式进行,包括 β 辐射或 γ 辐射、环氧乙烷、蒸汽方式。

[0146] 虽然本文已描述了各种实施例,但可以对这些实施例实施多种修改和变型。例如,可以利用不同类型的端部执行器。此外,虽然其中公开了某些组件用的材料,但也可以使用其他材料。上述具体实施方式和下述权利要求书旨在涵盖所有此类修改和变型。

[0147] 以引用方式全文或部分地并入本文的任何专利、公布、或其他公开材料仅在所并入的材料不与本发明所述的现有定义、陈述、或其他公开材料相冲突的范围内并入本文。同样地并且在必要的程度下,本文明确阐述的公开内容取代了以引用方式并入本文的任何冲突材料。如果任何材料或其一部分以引用方式并入本文,但与本文所述的现有定义、陈述、或其他公开材料相冲突,那么仅在所并入的材料与现有公开材料之间不产生冲突的程度下才将其并入本文。

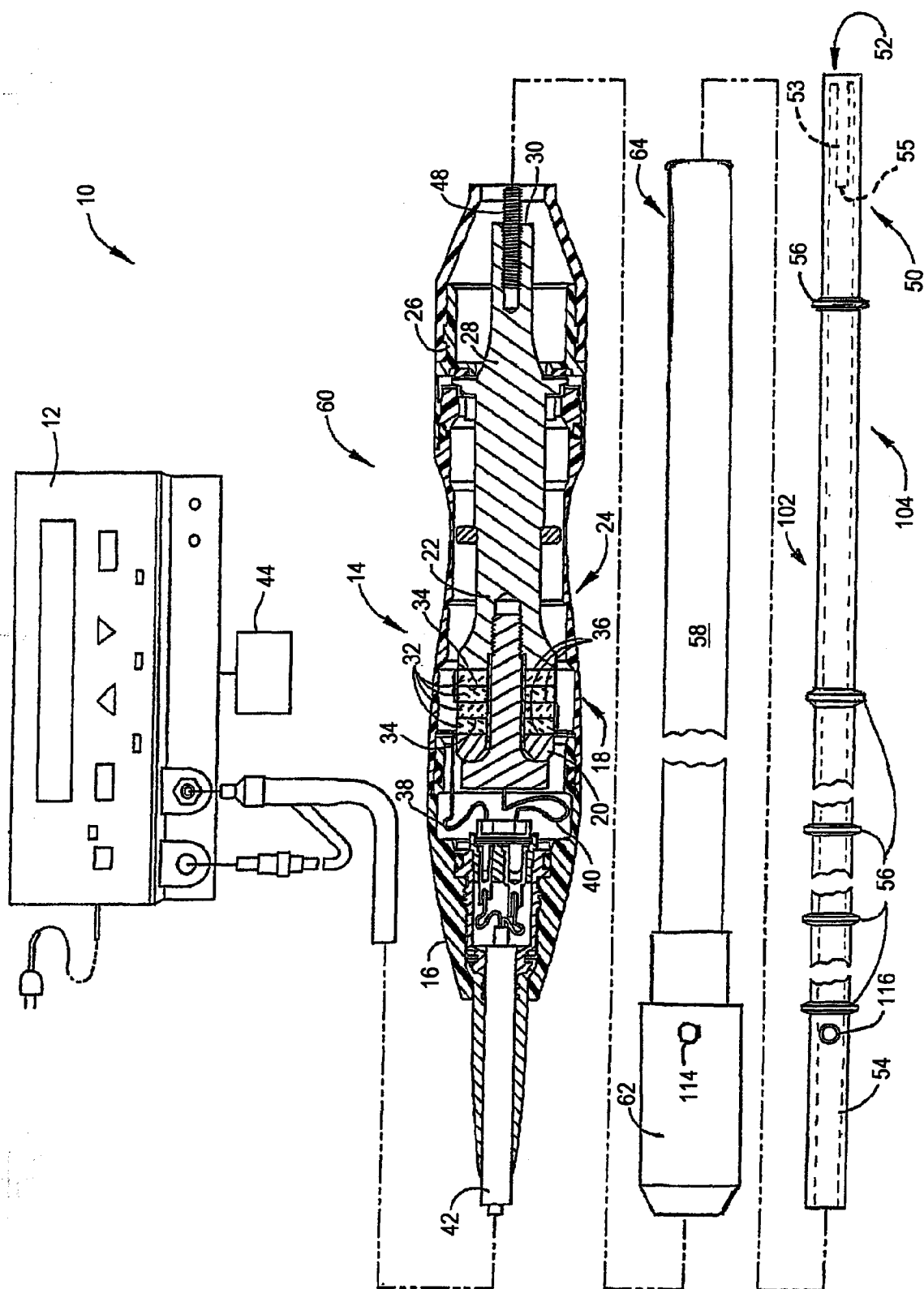


图 1

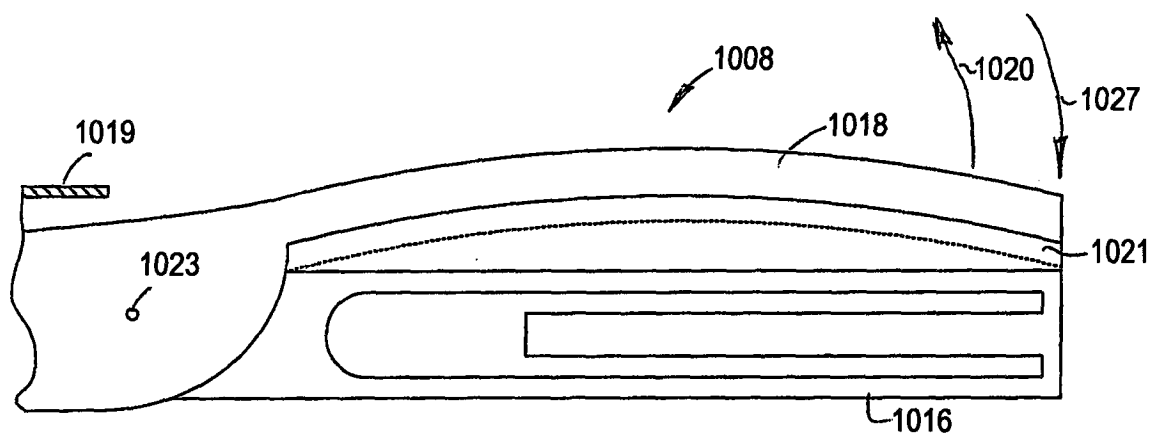


图 2B

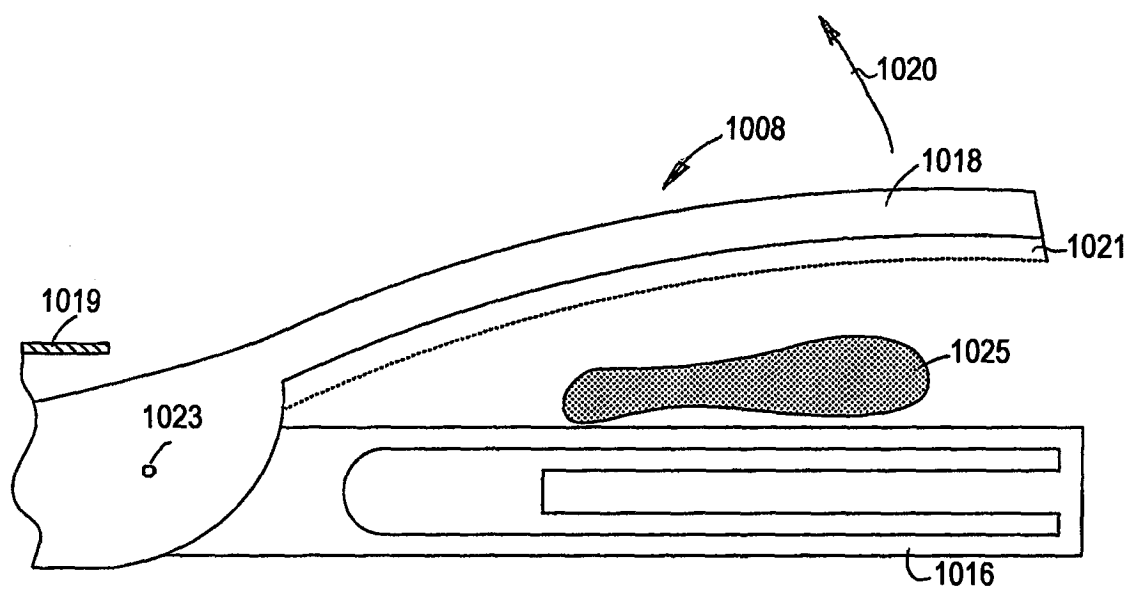


图 2C

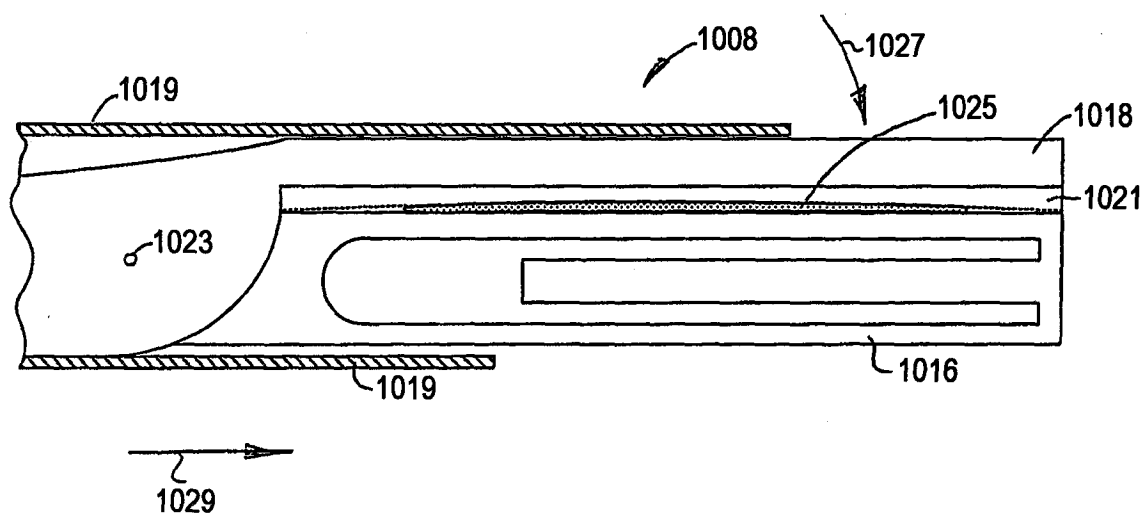


图 2D

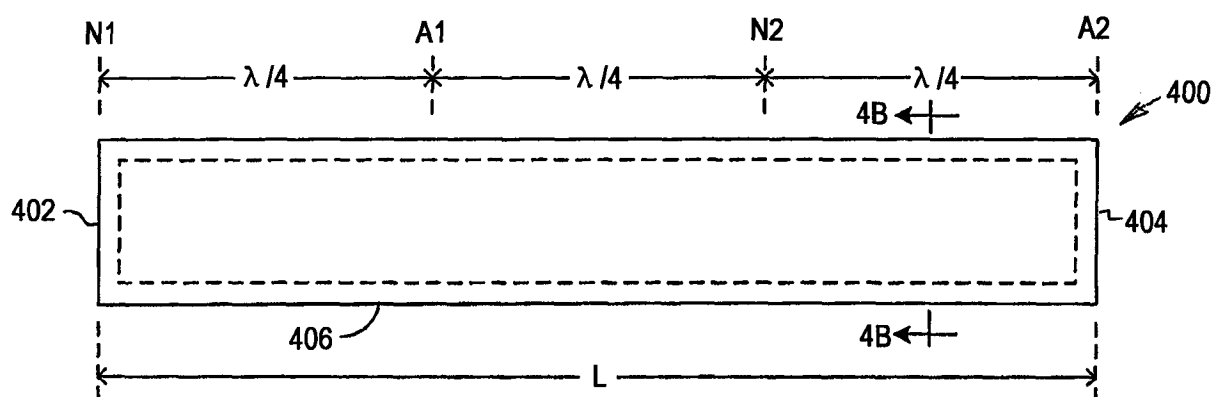


图 4

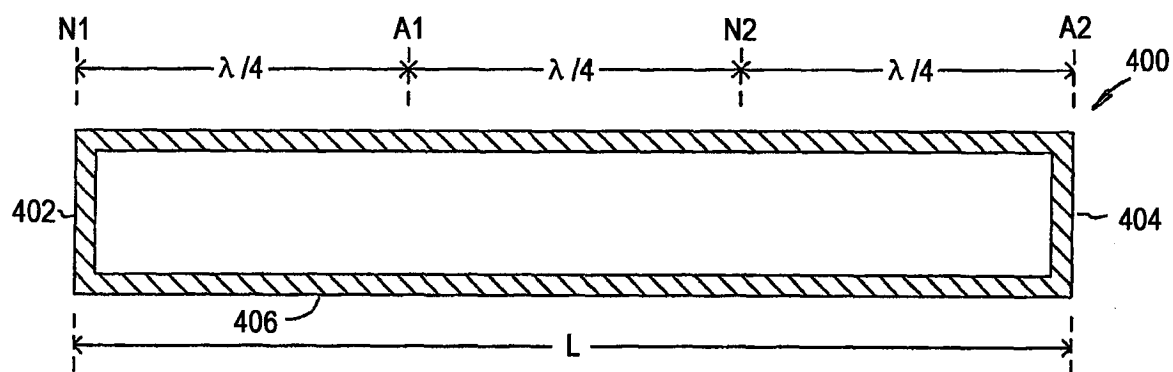


图 4A

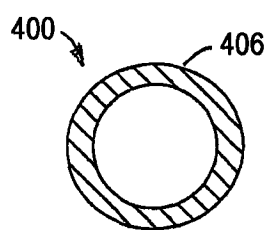


图 4B

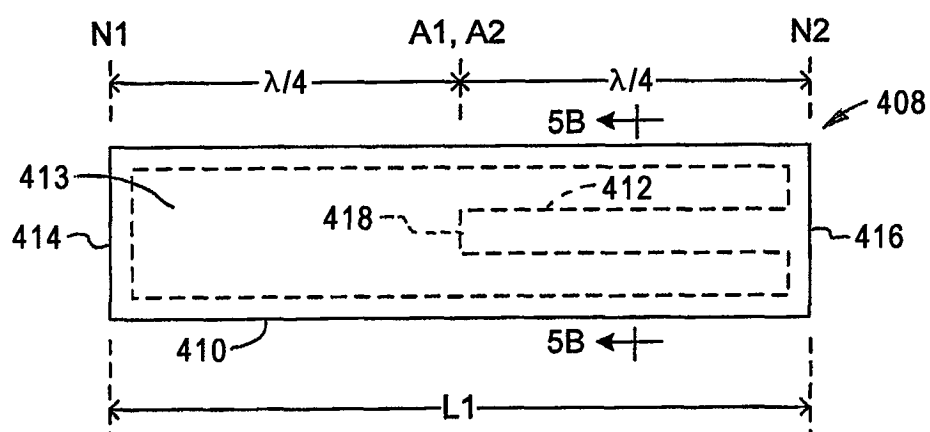


图 5

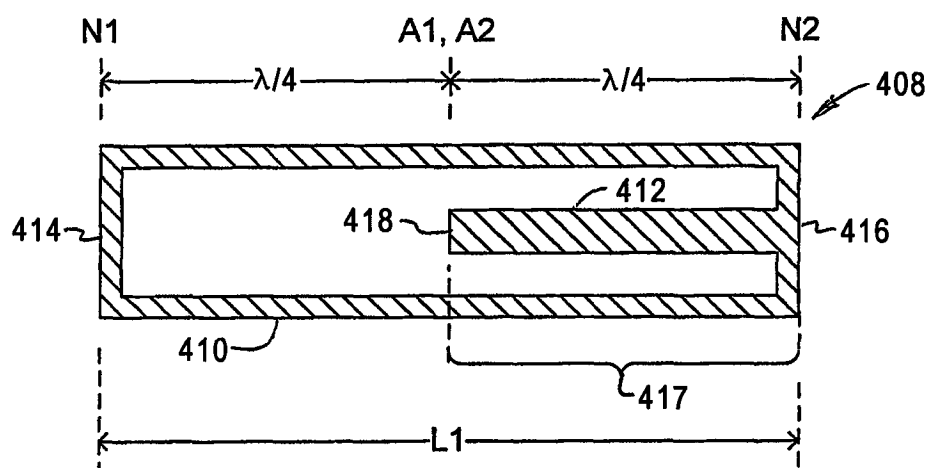


图 5A

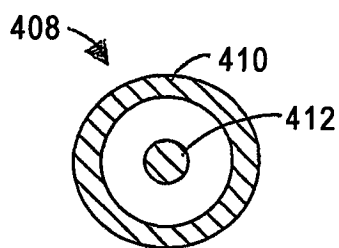


图 5B

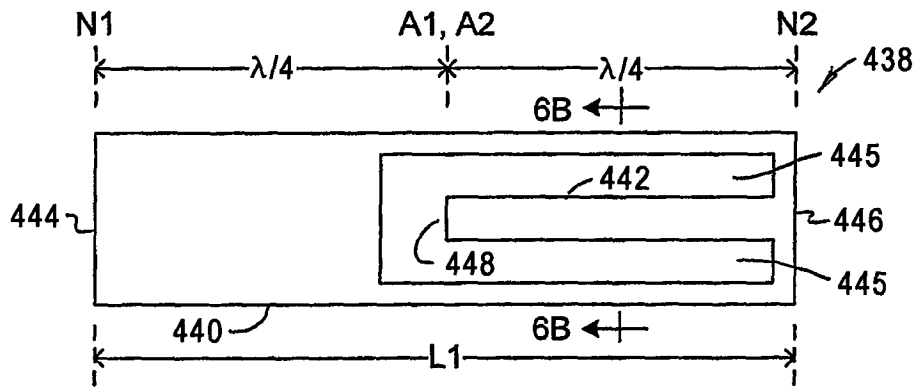


图 6

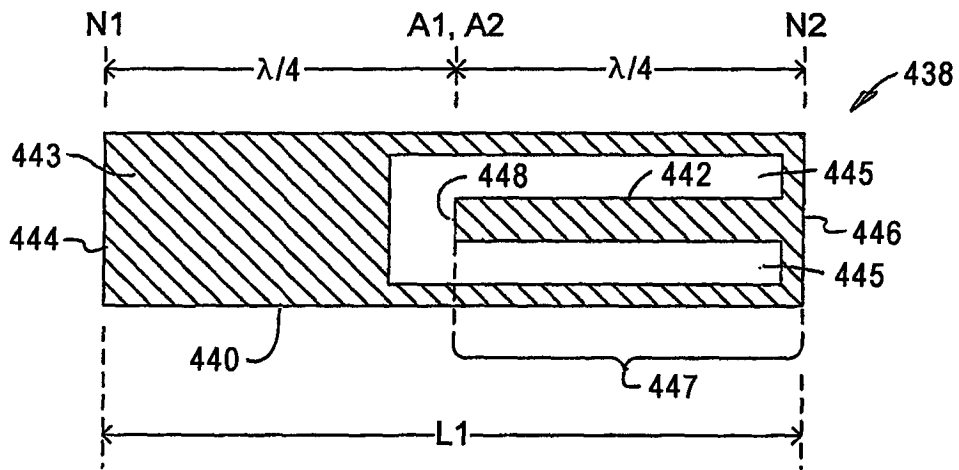


图 6A

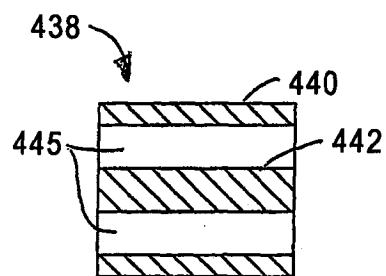


图 6B

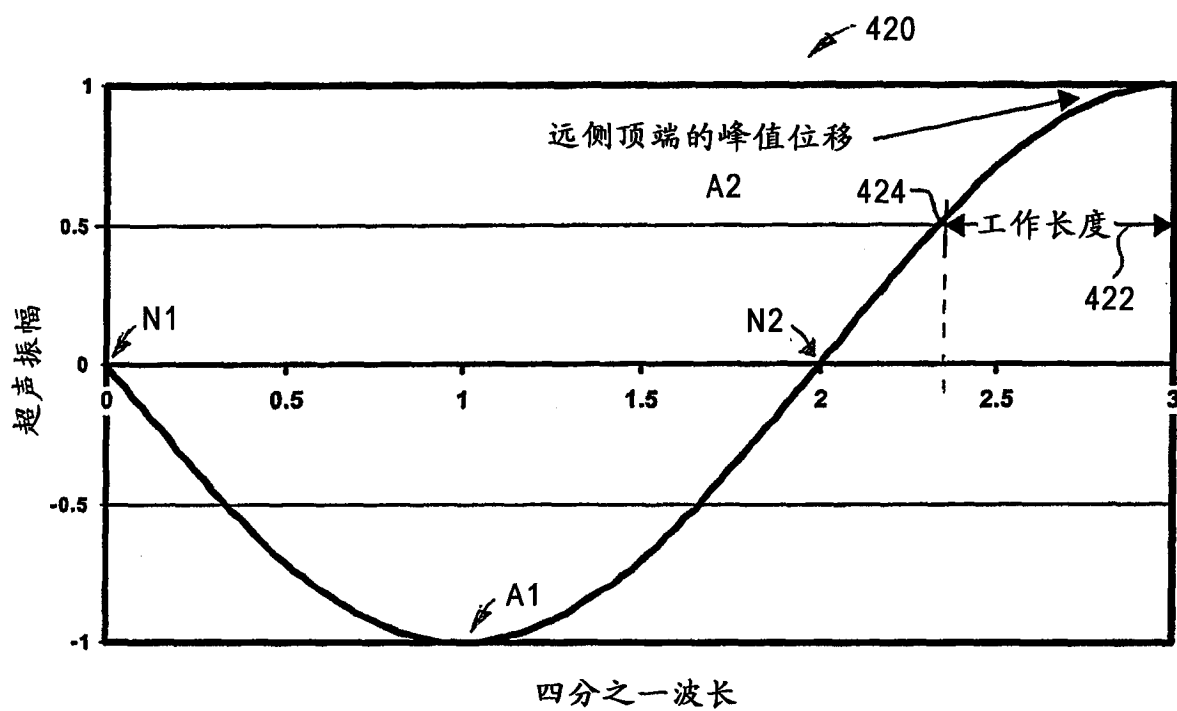


图 7

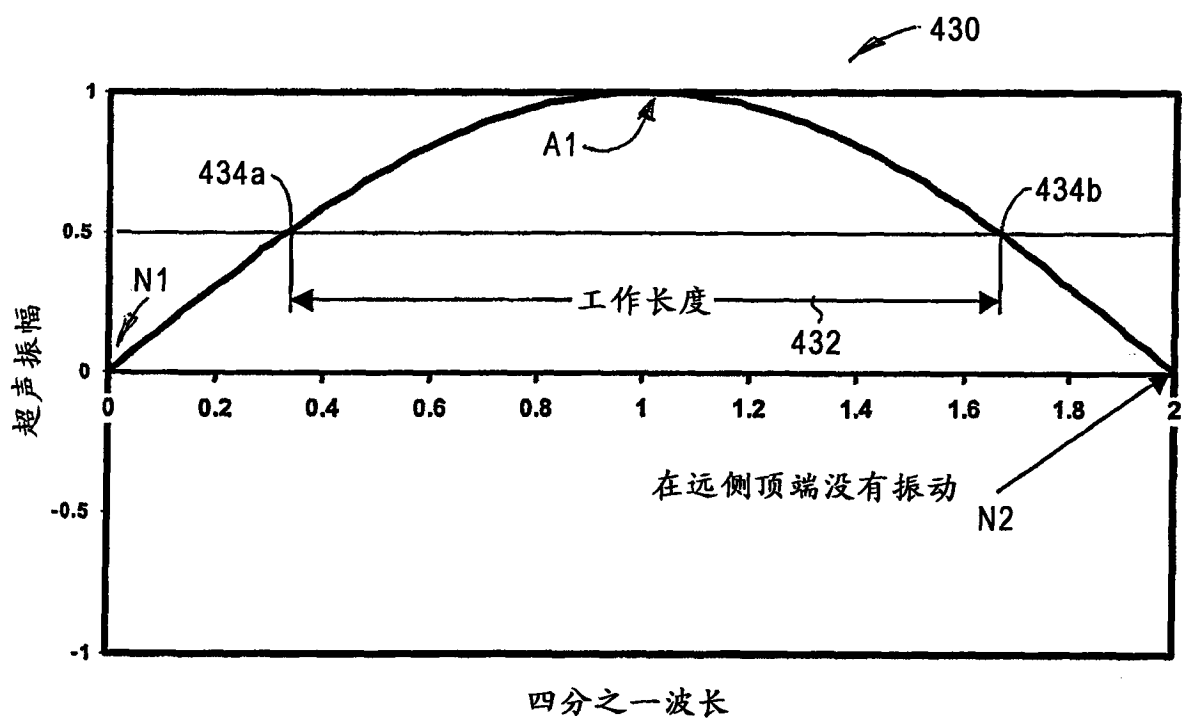


图 8

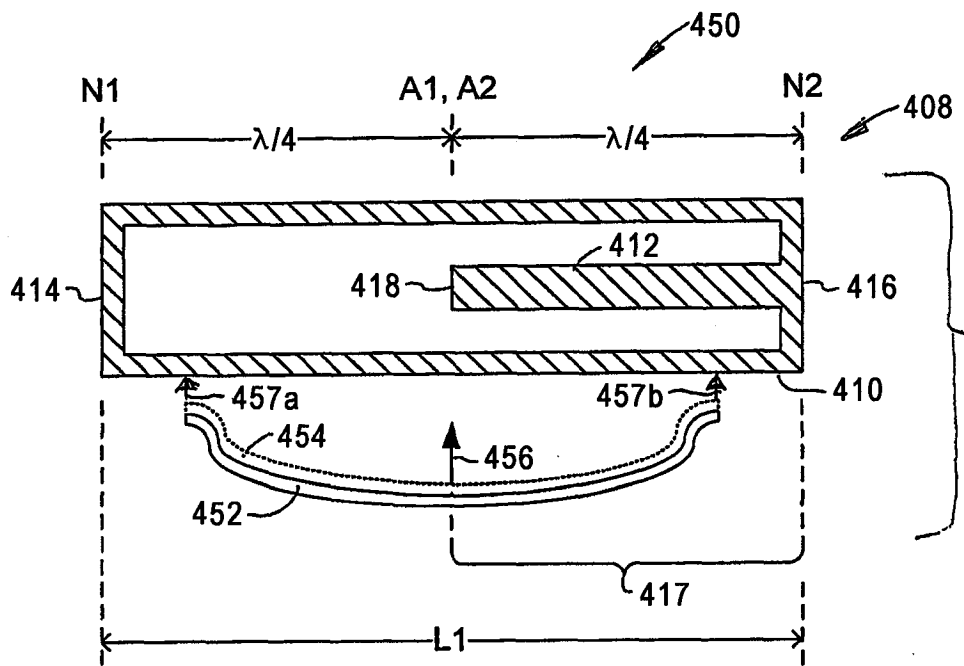


图 9

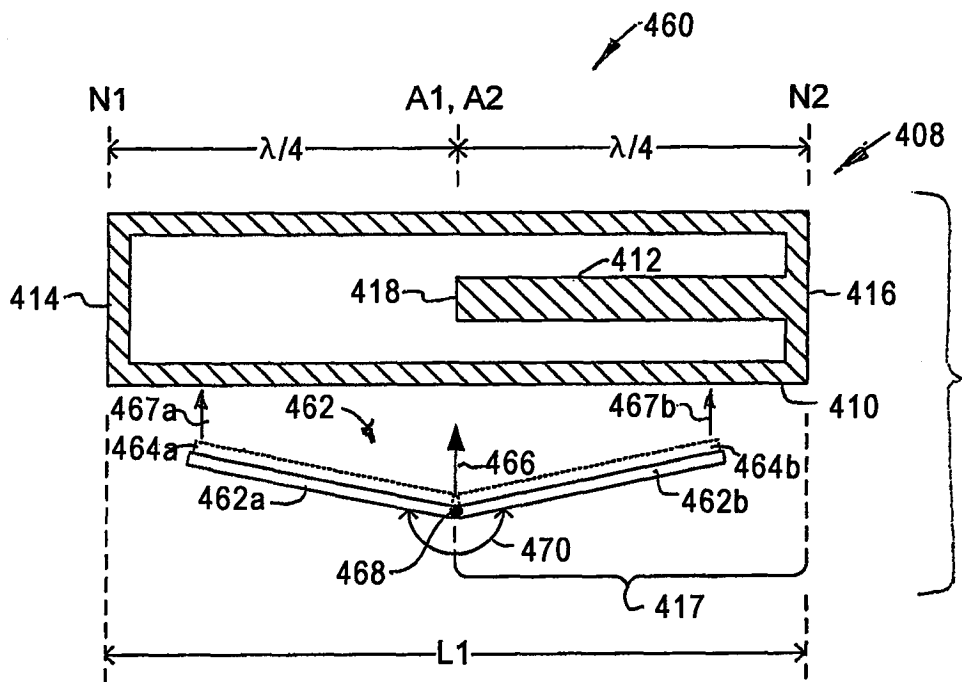


图 10

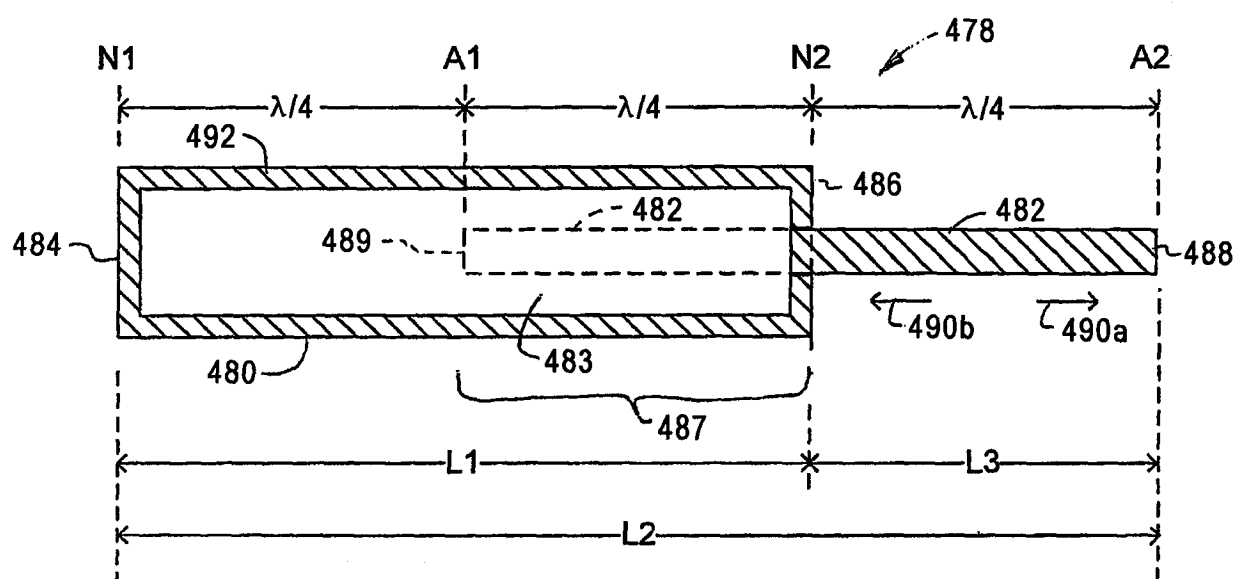


图 11

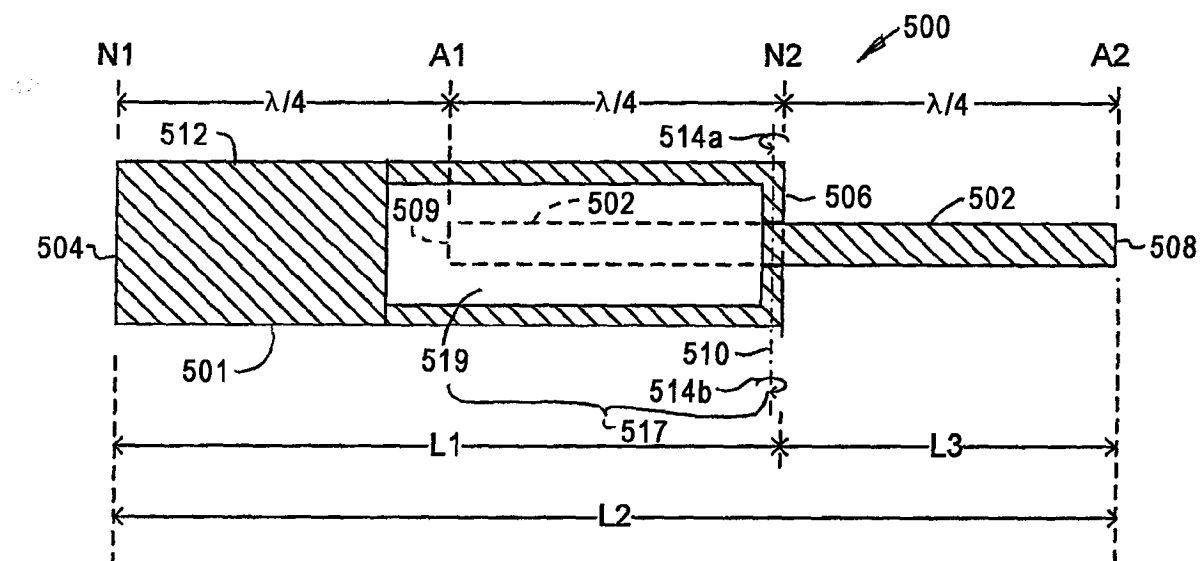


图 12

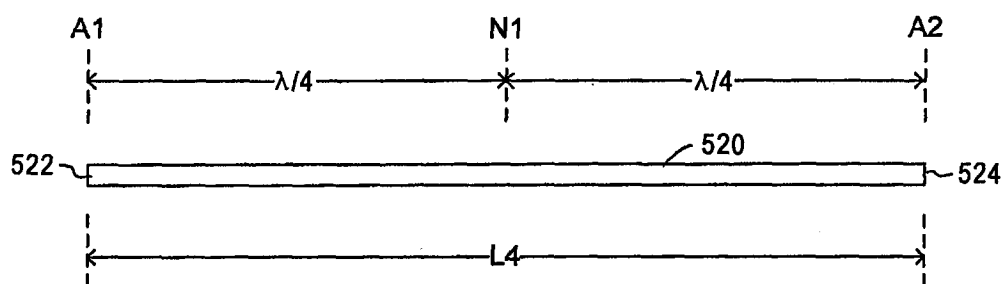


图 13

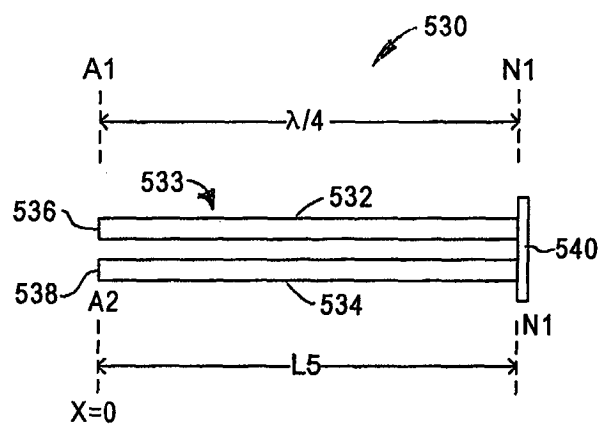


图 14

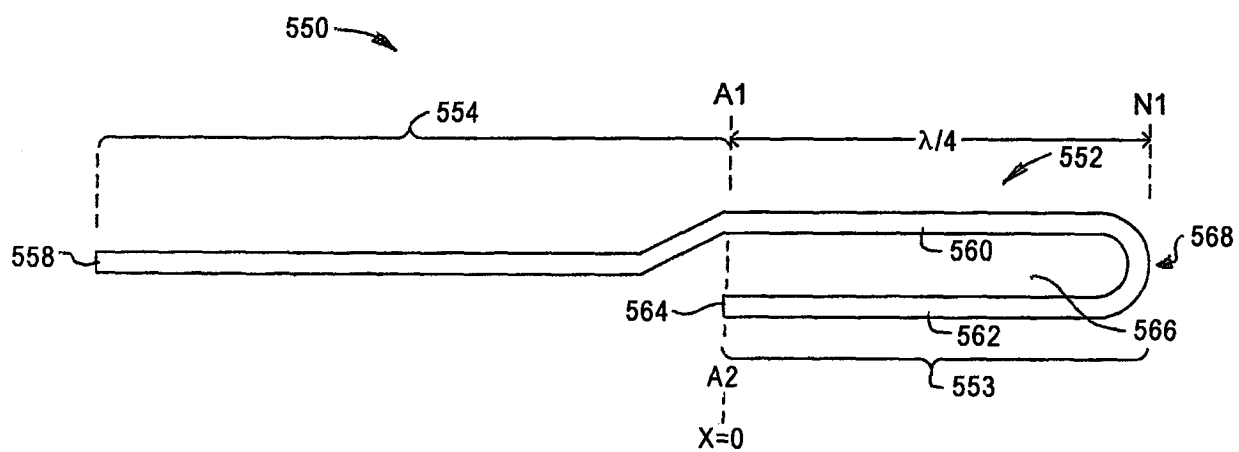


图 15

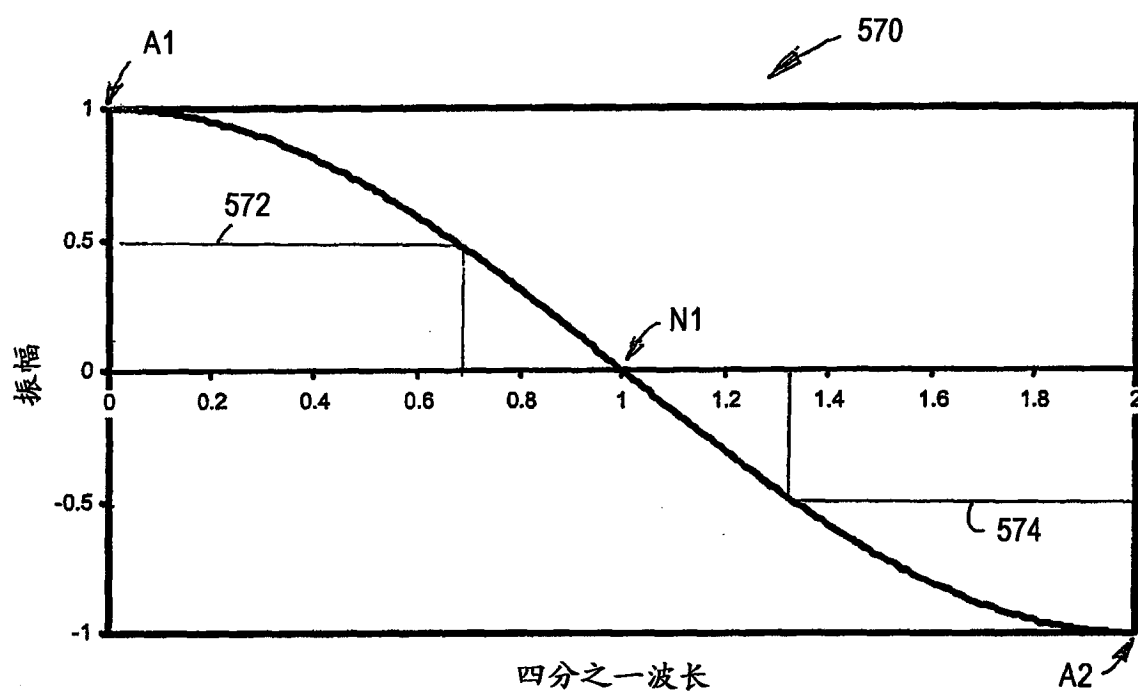


图 16

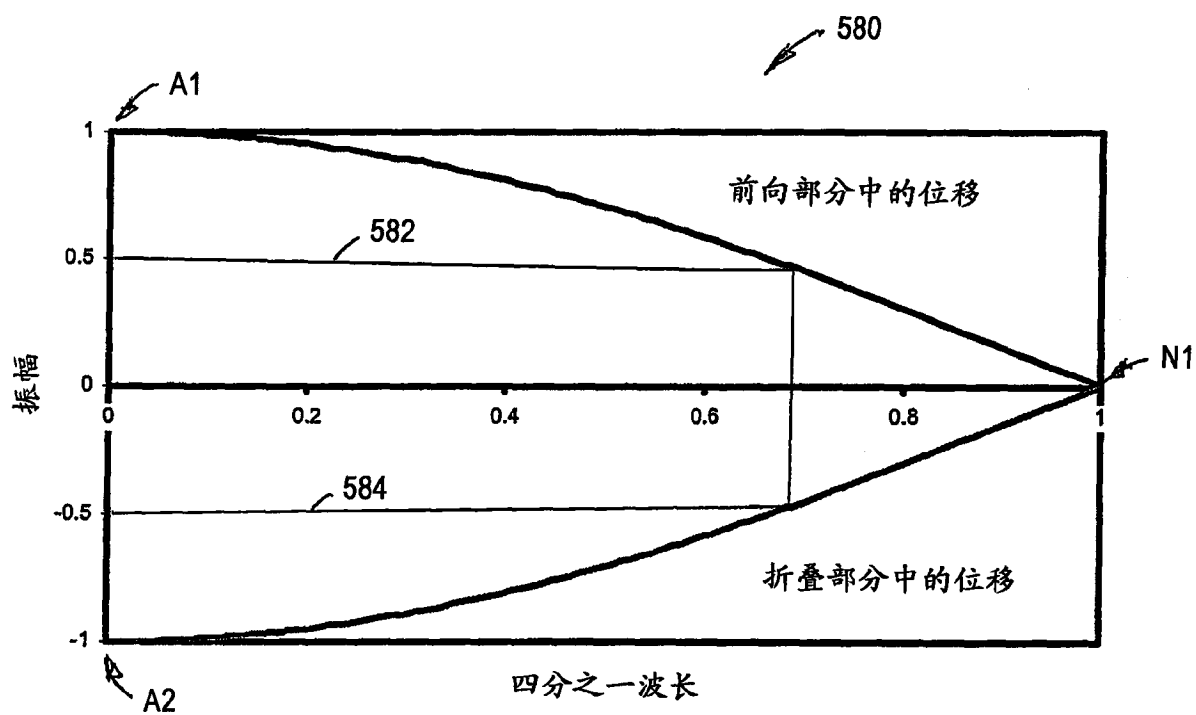


图 17

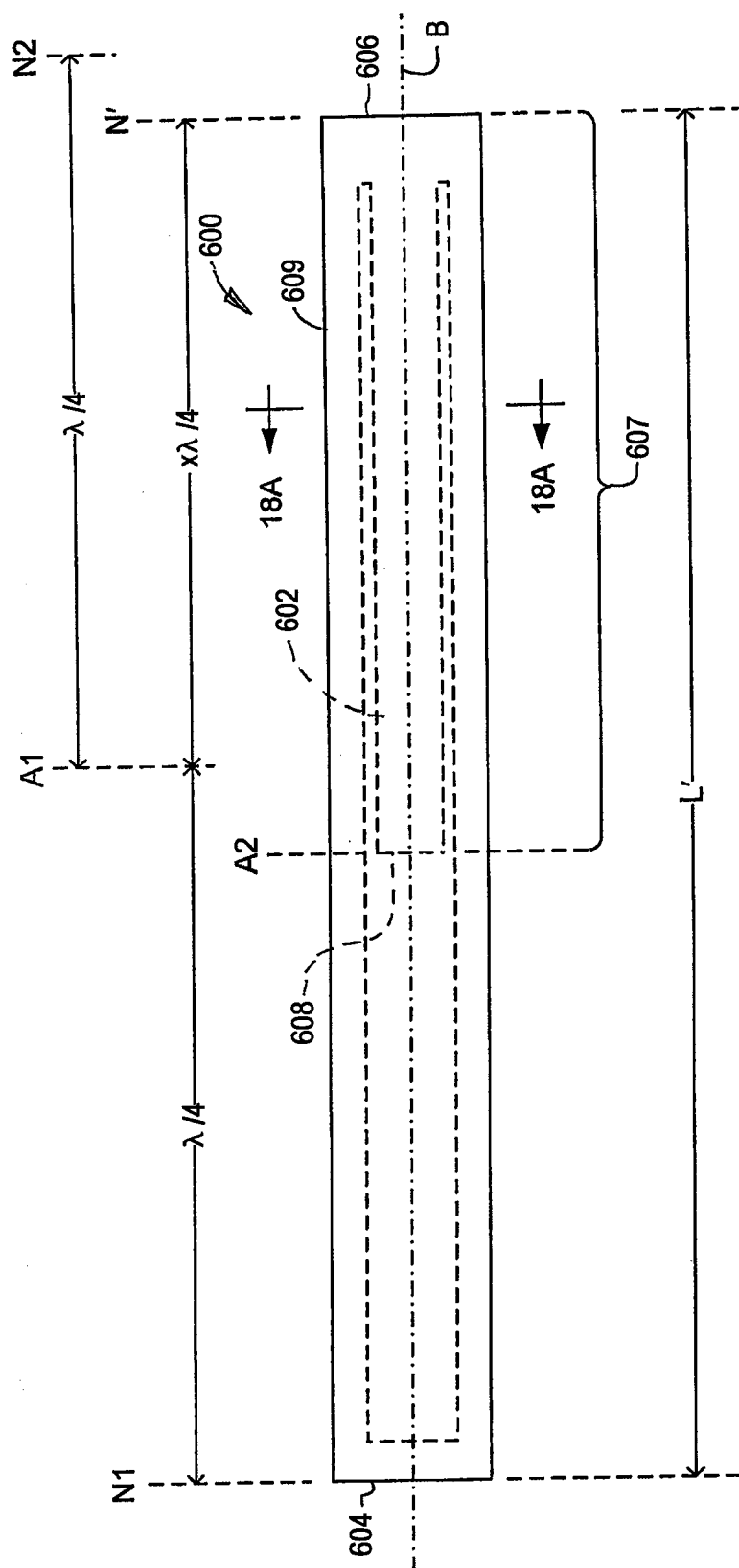


图 18

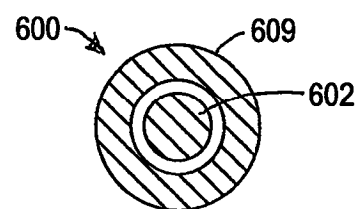
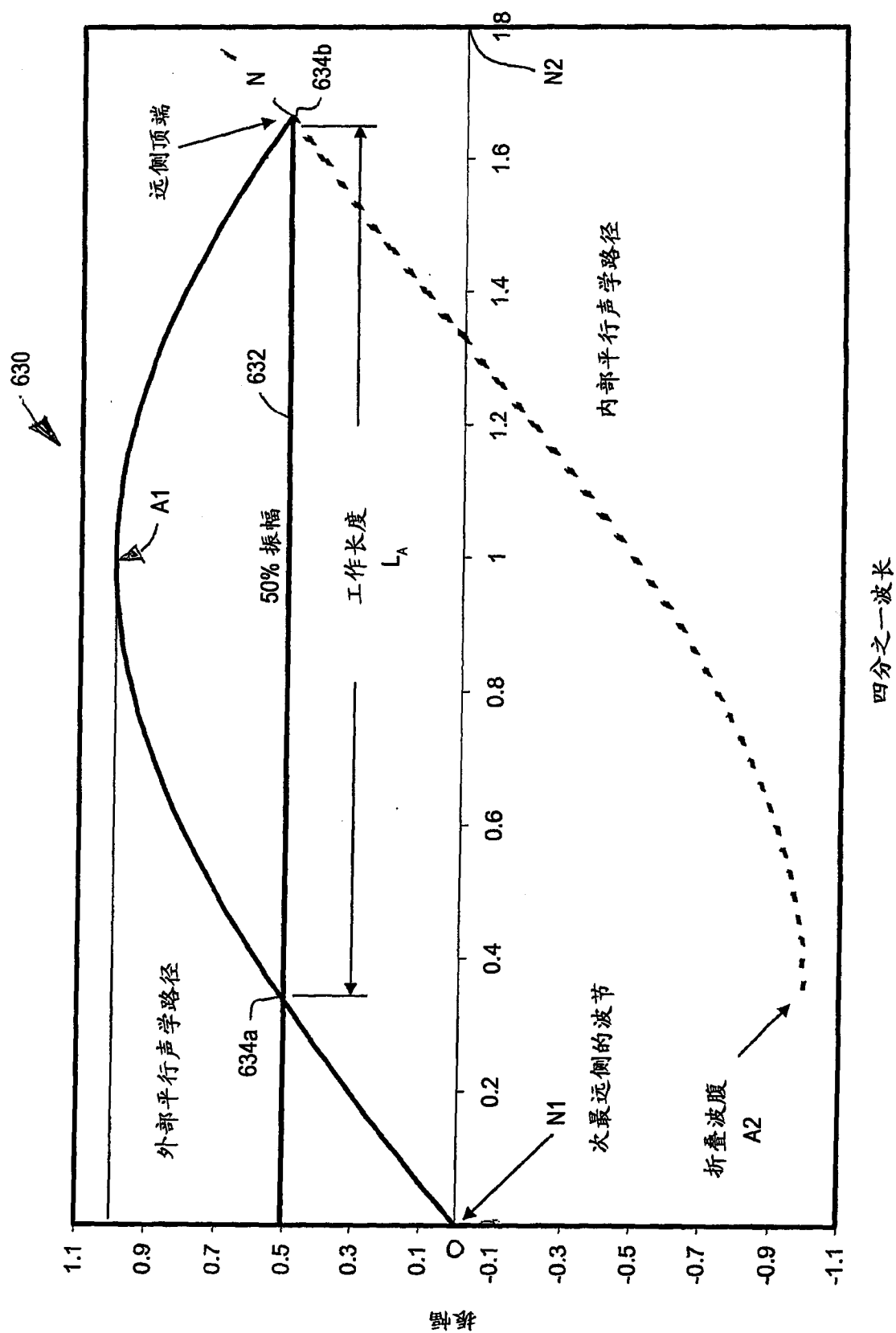


图 18A



四分之一波长

图 19

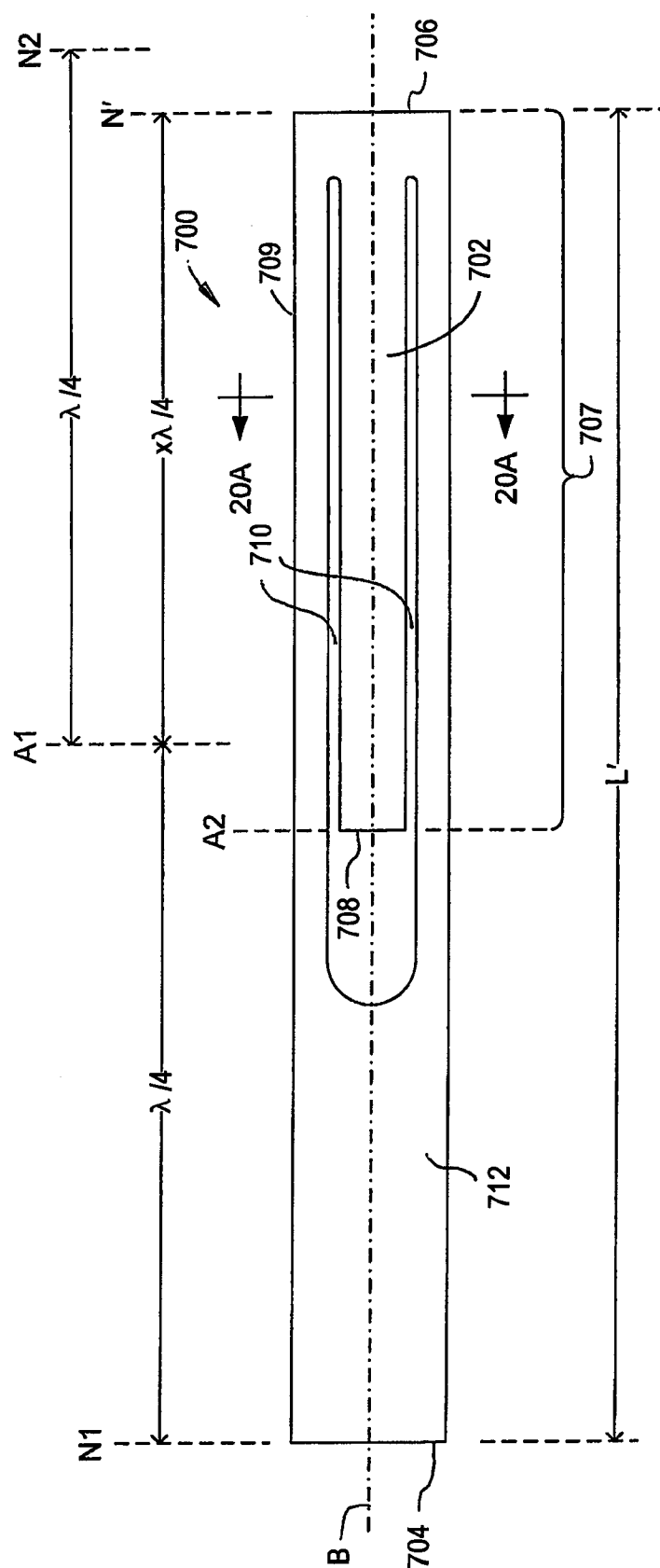


图 20

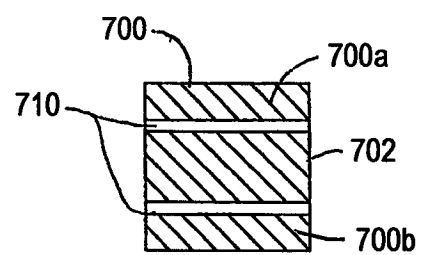


图 20A

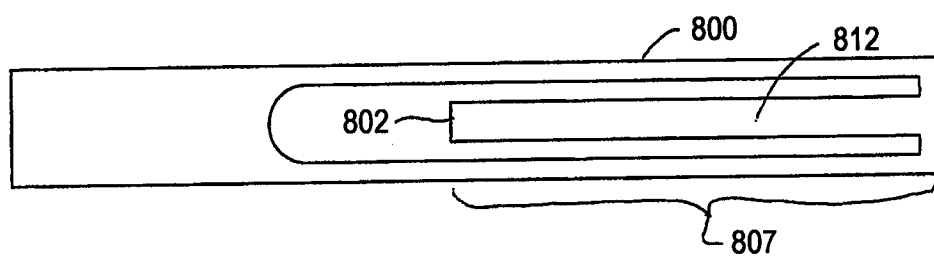


图 21A

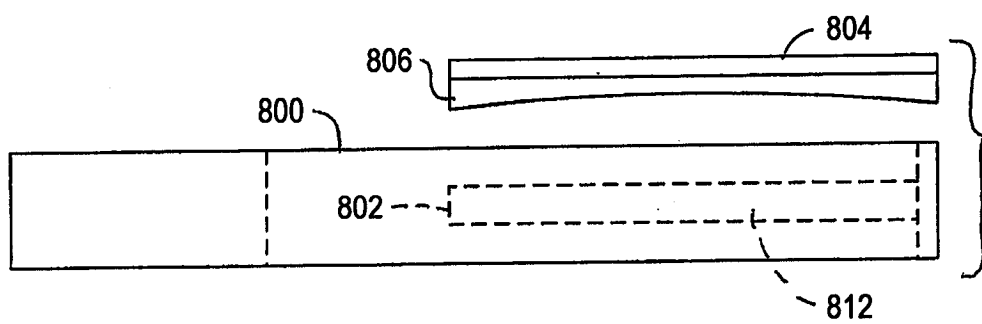


图 21B

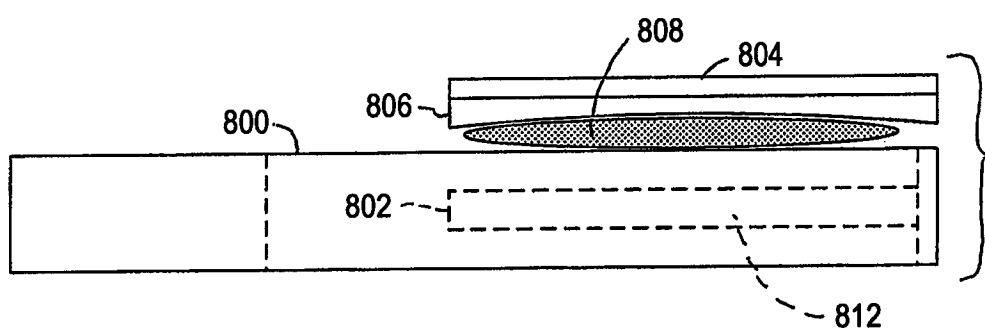


图 21C

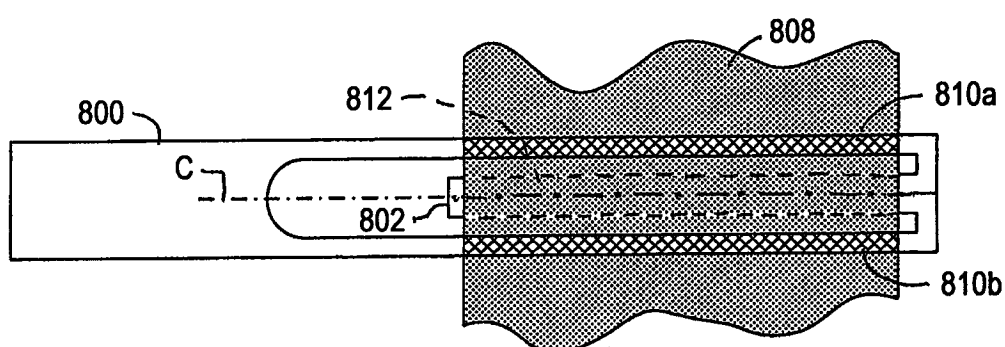


图 21D

专利名称(译)	工作长度增加的折叠超声端部执行器		
公开(公告)号	CN101883529A	公开(公告)日	2010-11-10
申请号	CN200880118492.7	申请日	2008-11-17
[标]申请(专利权)人(译)	伊西康内外科公司		
申请(专利权)人(译)	伊西康内外科公司		
当前申请(专利权)人(译)	伊西康内外科公司		
[标]发明人	FB斯图伦恩 KL豪瑟 ET韦恩纳		
发明人	F·B·斯图伦恩 K·L·豪瑟 E·T·韦恩纳		
IPC分类号	A61B17/32 G10K11/24 A61B17/22		
CPC分类号	A61B17/320092 A61B2017/22018 B06B3/00 A61B17/320068 A61B2017/320072 A61B2017/22015 A61B2017/320071 A61B2017/320089 A61B2017/320094		
代理人(译)	苏娟 刘迎春		
优先权	11/998758 2007-11-30 US		
其他公开文献	CN101883529B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供了一种用于超声外科器械的端部执行器。主体沿着纵向轴线延伸。所述主体包括近端和远端。所述主体的近端能够与超声换能器连接，所述超声换能器能够以预定频率产生振动。折叠元件包括在波节和波腹之间的预定区域与所述主体的远端连接的第一末端。所述折叠元件沿着所述纵向轴线从所述主体的远端延伸至所述主体的近端。所述折叠元件包括第二自由声学末端。所述主体的远侧部分和折叠元件限定平行声学路径。

