



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107072813 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201580055972.3

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2015.09.30

代理人 王丽军

(30)优先权数据

14/513,459 2014.10.14 US

(51)Int.Cl.

A61F 9/007(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2017.04.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/053248 2015.09.30

(87)PCT国际申请的公布数据

W02016/060847 EN 2016.04.21

(71)申请人 博士伦公司

地址 美国纽约

(72)发明人 B·D·麦卡里

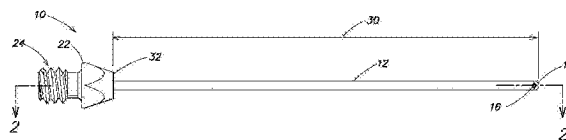
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

超声波玻璃体切除术针头

(57)摘要

一种针头,其与超声波机头一起使用用以剖开并抽吸玻璃体组织,该针头包括套管,套管具有腔体,该腔体从与套管远侧末端相邻的端口延伸至套管近端。套管的端口的横截面积小于套管的腔体的横截面积。附接在套管近端的毂附接至超声波机头。从套管的端口至毂的近端形成针头腔体。针头腔体的长度大约是超声波机头的驱动频率波长的四分之一的奇数倍,并且从套管远侧末端至毂的远端测得的套管长度足够长以从剖口处延伸跨过眼睛的后房段。



1. 一种针头,其与超声波机头一起使用用以剖开并抽吸玻璃体组织,所述针头包括:
套管,其具有腔体,所述腔体从与套管远侧末端相邻的端口延伸至套管近端;
其中,所述套管的端口的横截面积小于所述套管的腔体的横截面积;
毂,其附接至所述套管近端,所述毂包括用于附接至所述超声波机头的结构;
其中,所述毂包括贯穿所述毂的腔体,所述毂的腔体与所述套管的腔体共轴并连通,从而从所述套管的端口至所述毂的近端形成针头腔体;并且

其中,所述针头腔体的长度大约是所述超声波机头的驱动频率波长的四分之一的奇数倍,并且从所述套管远侧末端至所述毂的远端测得的套管长度足够长以从剖口处延伸跨过眼睛的后房段。

2. 根据权利要求1所述的针头,其中,所述套管的外径小于23、25和27号中的一者。

3. 根据权利要求1所述的针头,其中,所述毂的附接结构是螺纹。

4. 根据权利要求1所述的针头,其中,所述针头腔体的长度大约处于驱动频率波长的四分之一的奇数倍的八分之一的范围内。

5. 根据权利要求4所述的针头,其中,当所述驱动频率大约为28千赫时,所述针头腔体的长度大约处于33毫米和47毫米之间。

6. 根据权利要求1所述的针头,其中,所述针头腔体的长度大约为38毫米,并且所述驱动频率是大约10千赫和30千赫中的一者。

7. 根据权利要求1所述的针头,其中,所述驱动频率由等式 $f = (c/l) * \{(2n-1)/4\}$ 确定,其中 c 大约是波在水中的相速度, l 是针头腔体的长度, f 是驱动频率,并且 n 是正整数。

8. 根据权利要求1所述的针头,其中,所述针头腔体的长度由等式 $l = (c/f) * \{(2n-1)/4\}$ 确定,其中 c 大约是波在水中的相速度, l 是针头腔体的长度, f 是驱动频率,并且 n 是正整数。

9. 一种针头,其与超声波机头一起使用用以剖开并抽吸玻璃体组织,所述针头包括:
套管,其具有腔体,所述腔体从与套管远侧末端相邻的端口延伸至套管近端;
其中,所述套管的端口的横截面积小于所述套管的腔体的横截面积;
毂,其附接至所述套管近端,所述毂包括用于附接至所述超声波机头的结构;
其中,所述毂包括贯穿所述毂的腔体,所述毂的腔体与所述套管的腔体共轴并连通;并且

其中,所述套管的腔体的长度大约是所述超声波机头的驱动频率波长的四分之一的奇数倍,并且从所述套管远侧末端至所述毂的远端测得的套管长度足够长以从剖口处延伸跨过眼睛的后房段。

10. 根据权利要求9所述的针头,其中,所述套管的外径小于23、25和27号中的一者。

11. 根据权利要求9所述的针头,其中,所述毂的附接结构是螺纹。

12. 根据权利要求9所述的针头,其中,所述套管的腔体的长度大约处于驱动频率波长的四分之一的奇数倍的八分之一的范围内。

13. 根据权利要求12所述的针头,其中,当所述驱动频率大约为28千赫时,所述套管的腔体的长度大约处于33毫米和47毫米之间。

14. 根据权利要求9所述的针头,其中,所述套管的腔体的长度大约为38毫米,并且所述驱动频率是大约10千赫和30千赫中的一者。

15. 根据权利要求9所述的针头, 其中, 所述驱动频率由等式 $f = (c/l) * \{(2n-1)/4\}$ 确定, 其中 c 大约是波在水中的相速度, l 是套管的腔体的长度, f 是驱动频率, 并且 n 是正整数。

16. 根据权利要求9所述的针头, 其中, 所述针头腔体的长度由等式 $l = (c/f) * \{(2n-1)/4\}$ 确定, 其中 c 大约是波在水中的相速度, l 是套管的腔体的长度, f 是驱动频率, 并且 n 是正整数。

17. 一种针头, 其与超声波机头一起使用用以剖开并抽吸玻璃体组织, 所述针头包括:
套管, 其具有腔体, 所述腔体从与套管远侧末端相邻的端口延伸至套管近端;
其中, 所述套管的端口的横截面积小于所述套管的腔体的横截面积;

所述套管用于附接至所述超声波机头的远端, 从而所述套管的腔体与形成在所述超声波机头中的抽吸路径连通, 其中, 所述抽吸路径的横截面积比所述套管的腔体的横截面积明显大得多; 并且

其中, 所述套管的腔体的长度大约是所述超声波机头的驱动频率波长的四分之一的奇数倍, 并且从所述套管远侧末端至所述超声波机头的远端测得的套管长度足够长以从剖口处延伸跨过眼睛的后房段。

18. 根据权利要求17所述的针头, 其中, 所述套管的外径小于23、25和27号中的一者。

19. 根据权利要求17所述的针头, 其中, 所述套管的附接结构是螺纹。

20. 根据权利要求17所述的针头, 其中, 所述套管的腔体的长度大约处于驱动频率波长的四分之一的奇数倍的八分之一的范围内。

21. 根据权利要求20所述的针头, 其中, 当所述驱动频率大约为28千赫时, 所述套管的腔体的长度大约处于33毫米和47毫米之间。

22. 根据权利要求17所述的针头, 其中, 所述套管的腔体的长度大约为38毫米, 并且所述驱动频率是大约10千赫和30千赫中的一者。

23. 根据权利要求17所述的针头, 其中, 所述驱动频率由等式 $f = (c/l) * \{(2n-1)/4\}$ 确定, 其中 c 大约是波在水中的相速度, l 是套管的腔体的长度, f 是驱动频率, 并且 n 是正整数。

24. 根据权利要求17所述的针头, 其中, 所述套管的腔体的长度由等式 $l = (c/f) * \{(2n-1)/4\}$ 确定, 其中 c 大约是波在水中的相速度, l 是套管的腔体的长度, f 是驱动频率, 并且 n 是正整数。

超声波玻璃体切除术针头

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2014年10月14日提交的申请号为14/513,459的美国申请的优先权。该美国申请的全部内容以引用的方式并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及眼科超声波机头,该机头包括被剖开组织的抽吸装置。更具体地,本发明涉及抽吸式超声波机头,用以从眼睛的后房移除玻璃体。

背景技术

[0004] 本节内容提供与本发明相关的背景信息,不一定是现有技术。

[0005] 在2013年9月6日提交的、名称为“用于移除玻璃体和其他组织的振动式外科手术装置”(Vibrating Surgical Device for Removal of Vitreous and Other Tissue)、公开为US 2014/0074013的美国专利申请14/020,386中,在先描述过用于移除玻璃体的超声波装置;上述申请的全部内容以引用的方式并入本文。在先的专利申请公开了如下装置:该装置具有超声波驱动的针头,针头的远端具有端口,端口比针头的腔体小。当经由端口建立组织的双向流动而不在远端产生外部气穴时,玻璃体横过端口被破坏或者液化。

[0006] 已经确认所要振动的针头的其他构造细节,以确保装置的高效操作并避免某些低效率构造和操作参数。

附图说明

[0007] 本文描述的附图只是出于解释的目的,用以解释所选择的实施例,而不是所有可能的实施方案,而且这些附图不意图限制本发明的范围。

[0008] 图1是根据示例性实施例的针头的正视图;

[0009] 图2是沿图1中的线2-2截取的剖视图;

[0010] 图3是另一个示例性实施例的剖视图;

[0011] 图4是另一个示例性实施例的局部剖视图;以及

[0012] 图5是针头中的模拟位移流动的曲线图。

[0013] 在附图的多个视图中,对应的附图标记指示对应的部分。

具体实施方式

[0014] 现在将参考附图来更全面地描述示例性实施例。

[0015] 在后续的发展成果中,已经发现一些针头长度似乎比其他针头长度工作得更好。在执行了数学模拟之后表明,在某些驱动频率下,针头腔体的水柱可以共振,从而在某种意义上减小了远端针头末梢处的水柱的表观惯性阻抗,并且该表观阻抗是由穿过针头端口的双向往复流动引起的。当水柱的总距离是驱动频率(在水中)的波长 λ 的四分之一的偶数倍(例如 $1/2\lambda$ 、 λ 、 1.5λ 等)时,发生这种表观惯性阻抗的减小。相反地,发现当选择驱动频率以

使水柱的总长度大约是四分之一波长的奇数倍(例如 $1/4\lambda$ 、 $3/4\lambda$ 、 1.25λ 等)时,避免了这种表观阻抗减小的情况,并确保了期望的穿过针头端口的双向流动,而不在末端产生外部气穴。

[0016] 图1和图2示出套管长度与针头腔体长度之间的区别。针头10搭配超声波机头(未示出)使用,用以剖开并抽吸玻璃体组织。针头10包括套管12,套管具有腔体14,腔体从端口16延伸至套管近端20,端口邻近套管远侧末端18。端口16的横截面积小于套管腔体14的横截面积。毂22可以附接至套管近端20,如图所示。毂22可以包括结构24,用以附接至未示出的超声波机头。尽管图中所示的实施例中的毂附接结构24是螺纹,但毂附接结构24可以是任何适当的附接结构,用以将来自机头的超声波振动充分地传递至针头10。毂22包括腔体,大致在26处所示,该腔体贯穿毂22。毂腔体26与套管腔体14共轴并连通。毂22可以利用任何适当的手段(例如压力配合、焊接、粘接等)附接至套管12。

[0017] 套管腔体的长度28是从端口16至套管近端20量取的。此外,套管腔体长度大约是超声波机头的驱动频率波长的四分之一的奇数倍,并且从套管远侧末端18至毂22的远端32测得的套管长度30足够长,以便从剖口处延伸跨过眼睛的后房段(未示出)。

[0018] 下面将进一步描述套管腔体长度和驱动频率的实例。套管长度30应该足够长,以便穿过入口处对准装置(未示出)并跨过眼睛的后房段,同时机头不会对由于压靠在眼睛外部而产生的眼内压带来任何扰乱峰值。在大多数情况下,套管长度30大约为31至33毫米(mm)就足够了。然而,一些眼睛和一些外科医生可能喜欢38mm或以上的更长的套管长度。应该注意到,由于套管12的外径必须小,例如23、25或27号(ga.),所以要在套管的刚度和它的长度之间进行权衡。套管的长度越长,刚度越小,从而与外径和壁厚(套管12的外表面与限定腔体14的内表面之间的距离)相同但长度较短的套管相比具有更大的断裂可能性。

[0019] 对于图2来说,用来避免上述表观阻抗问题的期望水柱长度由套管腔体长度28限定,因为从套管近端20的过渡部是明显比套管腔体14大得多的毂腔体26。两倍于套管腔体直径的毂腔体当然显著地大于套管腔体,因为毂腔体中的平均速度是套管腔体中的平均速度的25%,但在毂腔体中的运动物质产生的动能只是套管腔体中能量的6.25%—这是巨大差距。直径变化10%可能不显著,因为此时毂腔体中的速度仍然是套管腔体中的速度的80%,并且毂区域中产生的动能仍然是套管中的动能的64%。在这两种极端情况之间的情况下,例如,在毂腔体直径是套管腔体直径的1.5倍的情况下,速度将下降至少50%,并且能量下降80%。因此,水柱长度可被认为是沿套管的轴线从端口到如下位置点的距离:在该位置点处,路径的直径比端口位置处的初始套管直径大大约50%。此较大的直径必须具有足够的长度,以使水柱中的能量减小,例如,经过从小腔体直径到大腔体直径的初始过渡点的多个毂腔体直径的距离。因此,可以利用该定义来说明限定出本腔体的毂端部的半径或锥度;水柱的终点位于如下距离处:该距离为渐缩部或毂上的一位置点开始的最大腔体直径的大约1.5倍处,该位置点是从最小腔体直径开始的过渡区开始延伸的位置。从一较小直径到一较大直径再返回到沿着套管的某一更小直径处的短过渡区不会限定水柱的端部。在针头不直的针头构造中,水柱长度将会是沿内部流动路径轴线从端口到该较大腔体直径处的距离,所述较大腔体直径典型地位于针头毂处。

[0020] 例如,图3的实施例要求测量针头34的期望水柱长度,使得针头腔体形成为从套管端口16到毂38的近端36。针头腔体由套管腔体14和毂38的腔体40构成。在本实施例中,针头

腔体的长度44是期望水柱长度,这是因为腔体40仅比套管腔体14稍大。在本实施例中,腔体40仅比套管腔体14大如下的量:该量用于实现与套管12压力或摩擦连接。与上述套管腔体长度28类似地,针头腔体的长度44大约是未示出的超声波机头的驱动频率波长的四分之一的奇数倍。本实施例的套管长度30与图2中相同,并且测量为从套管远侧末端18到毂38的远端46。如图2中的实施例那样,套管长度30足够长,以便从剖口处延伸跨过眼睛的后房段(未示出)。

[0021] 在图4中的另一个示例性实施例中,套管12用于附接至超声波机头50的远端48(以局部剖视图中示出),从而套管腔体14与形成在超声波机头50中的抽吸路径52连通。抽吸路径52的横截面积显著地大于套管腔体的横截面积。因此,期望水柱长度可被当作与套管腔体28相同。套管腔体14的长度28仍然大约是超声波机头50的驱动频率波长的四分之一的奇数倍,并且套管长度30测量为从套管远侧末端18到超声波机头50的远端54。套管长度30足够长,以便从剖口处延伸跨过眼睛的后房段(未示出)。

[0022] 下面将要描述的是,来自机头的超声波振动的驱动频率决定所述期望水柱长度。如上所述,水柱长度可以是套管腔体长度28,或者它可以是一不同长度,这取决于所使用的针头的规格(form factor)。相反地,如果期望套管长度是已知的,并且针头结构的规格细节是已知的,则能够确定用于这种针头的期望驱动频率。

[0023] 基于从针头端口到如下位置测得的水柱的长度来选择给定针头的驱动频率:在该位置,存在从套管腔体到直径明显大得多的抽吸路径部分的过渡区。从小套管腔体到直径明显大得多的抽吸路径部分的该过渡区使得所述直径明显大得多的抽吸路径部分的任何残余声学效应最小化,并且通过将至所述直径明显大得多的抽吸路径的过渡区呈现为进入无穷大空间的过渡区而从本质上简化了期望套管或针头腔体的计算。将要在下文中示出的是,通过避免使用如下频率可以获得可接受的水柱长度:相关的腔体长度是该频率在水中的半波长的任意多倍。此外,通过选择频率获得最优的水柱长度,使该水柱长度是该频率在水中的四分之一波长的奇数倍。

[0024] 根据公知的如下等式,波在介质中的频率及波长与波在介质中的速度有关:

[0025] $\lambda * f = c$ (1)

[0026] 其中, λ 是波在介质中的波长, f 是波在介质中的频率,并且 c 是波在介质中的相速度。

[0027] 对处于标准温度和压强下的水而言,已知声波的相速度大约是每秒1500米(m/s),等于每秒1,500,000毫米(mm/sec)。

[0028] 因此,对给定的水柱长度而言,所要避免的频率如下:

[0029] $\{m/2\} * \lambda = 1$ (2)

[0030] 其中,1是水柱长度(典型地比腔体的外部长度稍长), m 是任何正整数(1(半波长)、2(全波长)、3(1.5倍波长)...)。在大多数实施例中,水柱长度等于上述套管腔体长度28或针头腔体长度44中的一者。然而,可以基于从套管腔体到明显大得多的抽吸路径部分的过渡区的位置来获得更短或更长的水柱长度。

[0031] 结合上述等式(1)和(2)来消去 λ ,由此给出如下等式:

[0032] $f_{\text{avoid}} = (c/1) * \{m/2\}$ (3)

[0033] 使用等式(3),令套管腔体长度1为38mm(允许将套管连接至机头或毂的管长度为5

至10mm)并且使用上述速度1,500,000mm/sec,结果 $(c/l) = 39474$ 赫兹(Hz)或大约40kHz,得到的两个 f_{avoid} 频率大约是20kHz($m=1$)和40kHz($m=2$)。

[0034] 使用相同的方法,可供使用的最优驱动频率如下:

$$[0035] \quad \{(2n-1)/4\} * \lambda = l \quad (4)$$

[0036] 其中, l 是水柱长度或者出于实际目的是上述套管腔体长度或针头腔体长度, n 是任意正整数(1、2、3...)。实际上, n 典型地是小的正整数,例如1或2,以使套管长度足够,并使套管足够刚硬和耐用,以便经得住在手术使用而不断裂。

[0037] 结合上述等式(1)和(4)来消去 λ ,由此给出如下等式:

$$[0038] \quad f_{\text{optimal}} = (c/l) * \{(2n-1)/4\} \quad (5)$$

[0039] 使用等式(5),令套管或针头腔体长度 l 为38mm,并且 c 大约是水中声波的相速度(上述的1,500,000mm/sec),结果 $(c/l) = 39474$ 赫兹(Hz)或大约40kHz,由此两个 f_{optimal} 驱动频率大约是10kHz($n=1$,四分之一波长)和30kHz($n=2$,波长的四分之三)。

[0040] 可以重新整理等式(5),以便表述期望套管或针头腔体长度如下:

$$[0041] \quad l = (c/f) * \{(2n-1)/4\} \quad (6)$$

[0042] 其中, c 仍然大约是水中声波的相速度, l 是针头腔体长度, f 是驱动频率,并且 n 是正整数。

[0043] 超声波振动的针头的水流模拟的曲线图如下面的图5所示。图5清楚地示出在多种波长 λ 的情况下穿过针头端口的双向流动的水平。此外,应该注意的是,发明人相信,是没有外部气穴的穿过端口的双向流动的建立允许有效地剖开玻璃体,而且不堵塞针头,也不损伤脆弱的视网膜组织。

[0044] 为了简单起见,该模拟假设针头或套管腔体的后方开口过渡到无限的空间中。实际上,针头/套管腔体将会过渡到抽吸路径的明显大得多的腔体中,该腔体将会呈现它自身的声学载荷。然而,因为较大腔体的横截面积显著地大于针头腔体的横截面积,所以使得残余声学效应最小化并可以将其忽略。

[0045] 图5是数学模拟曲线图,图中示出移动流体流量比率(没有来自真空源的任何抽吸作用),所述移动流体流量是由在从远侧末端18(Q0)的内表面经由端口16(Q2,实线)流出针头的水中振动的针头产生的,或者图中示出的是远离端口16沿着套管腔体移动(Q1,虚线)的流量比率。也就是说,Q0是在远侧末端18的内表面处的体积流动,Q2是穿过端口16的流动,而Q1是在套管腔体14中远离端口16的流动。当流量比率值为1时,沿特定方向的体积流量等于来自远侧末端18的内表面的体积流量。当流量比率大于1时,由于谐振效应,从端口流出的流量理论上能够超过末端流量。然而,当流量比率大于1、同时Q0的幅值较高时,在腔体中部的节点处将会形成气穴泡,从而防止了从端口流出的流量超过末端流量。因此,实际上,图5中位于1上方的Q1/Q0和Q2/Q0曲线将会减小为1左右的值。可以看出,在半波长、全波长以及一又二分之一波长(0.5、1、1.5)的情况下,Q2/Q0较低。在驱动频率波长的四分之一的奇数倍(0.25、0.75、1.25)的情况下,从端口16流出的流量(Q2/Q0)等于移动流量,并且沿柱的流量(Q1/Q0)最小化。尽管四分之一波长的奇数倍是最优点,但也可以看出,在驱动频率波长的四分之一的奇数倍的大约八分之一(大约 ± 0.125 倍波长)的范围内,端口流量效应最小,并且预期装置性能稳定。

[0046] 关于图2、图3和图4中的实施例中的任意一者,套管12的外径可以为23、25或27号

中的一者,以便套管可以贯穿已知的入口处对准装置(未示出)。取决于机头和针头构造,典型地是套管腔体长度28或针头腔体长度44之一的水柱长度当驱动频率大约是28kHz时可以处于大约33mm和47mm之间。

[0047] 出于示例和说明的目的提供了实施例的前述说明。它不意图详尽说明或限制本发明。即便没有特地示出或描述,特定实施例的单个元件或特征通常不限制于该特定实施例,而在适当情况下是可互换的,并且能够用于选定的实施例,即便没有明确示出或描述。本发明也可以以多种方式变型。不应认为这些变型脱离了本发明,而是意图将全部这些变型包括在本发明的范围内。

[0048] 通过提供示例性实施例,本文将会向本领域的技术人员彻底地、全面地传达上述范围。提出了许多特定细节,例如特定部件、装置和方法的实例,以便彻底理解本发明的实施例。对本领域的技术人员而言,显而易见的是,特定细节不一定被采用,示例性实施例可以许多不同的形式实施,并且所述特定细节和示例性实施例中任一者都不应被理解为限制本发明的范围。在某些示例性实施例中,没有详细描述公知的方法、公知的装置结构和公知的技术。

[0049] 本文使用的术语仅是出于描述具体的示例性实施例的目的,而不意图加以限制。如本文中使用的,没有数量词限制也可以包括复数形式,除非上下文明确地指示其他情况。术语“包括”、“包含”、“含有”和“具有”是包括性的,因而指明了所指出的特征、整数、步骤、操作、元件和/或部件的存在,但不排除存在其他特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或由它们构成的组中的一个或多个或增加其他特征、整数、步骤、操作、元件、部件和/或由它们构成的组中的一个或多个。本文描述的方法步骤、过程和操作不应被理解为必须按以上论述或示例的特定顺序来执行,除非特意确认为执行顺序。还应该理解的是,可以采用附加的或可选的步骤。

[0050] 当一元件或层被称为位于另一元件或层“上”,“接合到”、“连接到”或“耦接到”另一元件或层时,它可能直接位于该另一元件或层上,直接接合到、连接到或耦接到该另一元件或层,或者可能存在介入元件或层。相反地,当一元件被称为“直接”位于另一元件或层“上”,“直接接合到”、“直接连接到”或“直接耦接到”另一元件或层时,可能不存在介入元件或层。应该以类似的方式理解用于描述元件之间的关系的词语(例如“之间”与“直接之间”、“相邻”与“直接相邻”等)。如本文中使用的,术语“和/或”包括一个或多个相关的列举的项目中的任何和所有组合。

[0051] 尽管本文可能使用术语第一、第二、第三等描述多个元件、部件、区域、层和/或区段,但这些元件、部件、区域、层和/或区段不应被这些术语限制。这些术语可以仅用于区分一个元件、部件、区域、层或段与另一个区域、层或区段。当本文中使用的诸如第一、第二和其他数量型术语时,它们不意味着序列或顺序,除非上下文明确地指明。因此,后文论述的第一元件、部件、区域、层或区段可以命名为第二元件、部件、区域、层或区段,而不脱离示例性实施例的教导。

[0052] 本文可能使用诸如“内”、“外”、“底”、“下方”、“下”、“上方”、“上”等与空间有关的术语,以便描述如附图所示的一个元件或特征与其他元件或特征的关系。除了附图中指示的定向之外,与空间有关的术语可能意图包括装置在使用或操作中的不同定向。例如,如果将附图中的装置翻转,则被描述为位于其他元件或特征“下面”或“下方”的元件或特征将因

此会被定向为位于所述其他元件或特征“上方”。因此,示例性术语“下方”可以包括上方和下方这两种定向。该装置可以其它方式定向(旋转90度或朝向其他方向),并相应地解释本文使用的与空间相关的术语。

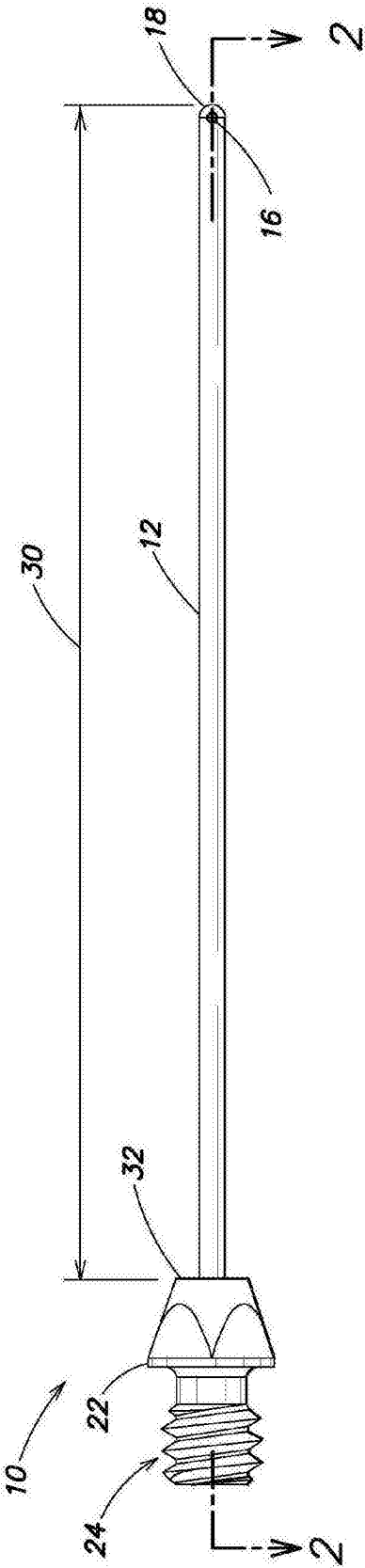


图1

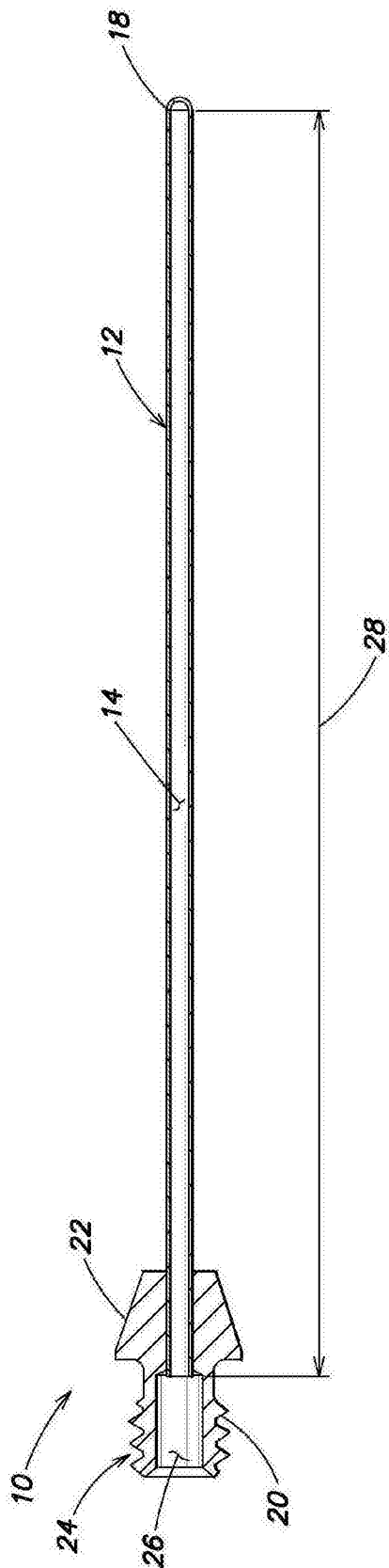


图2

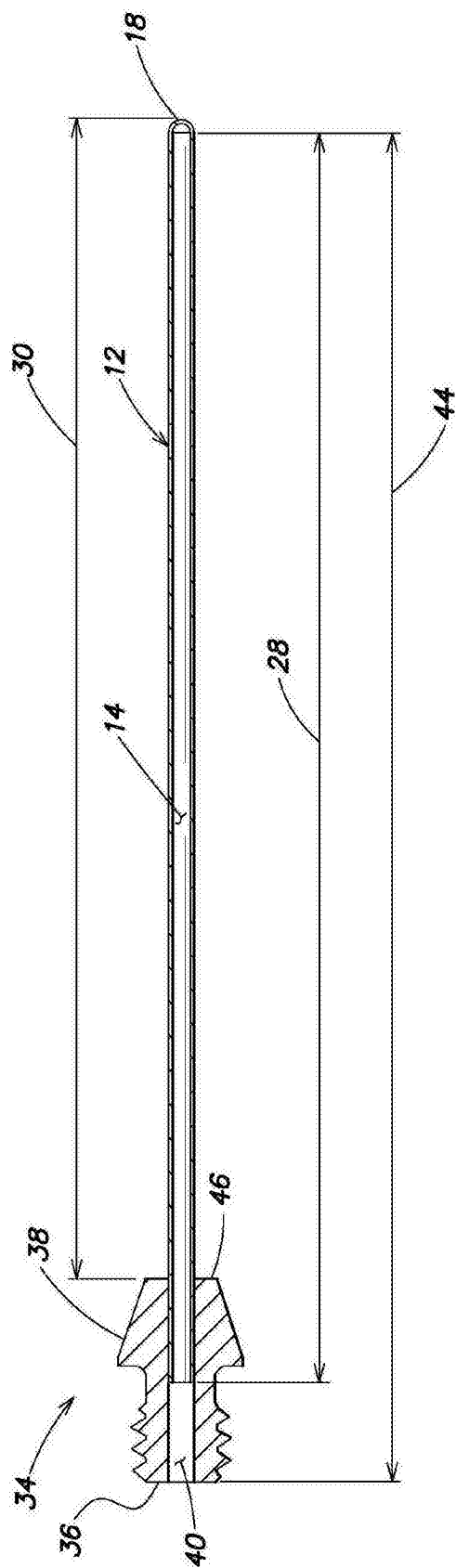


图3

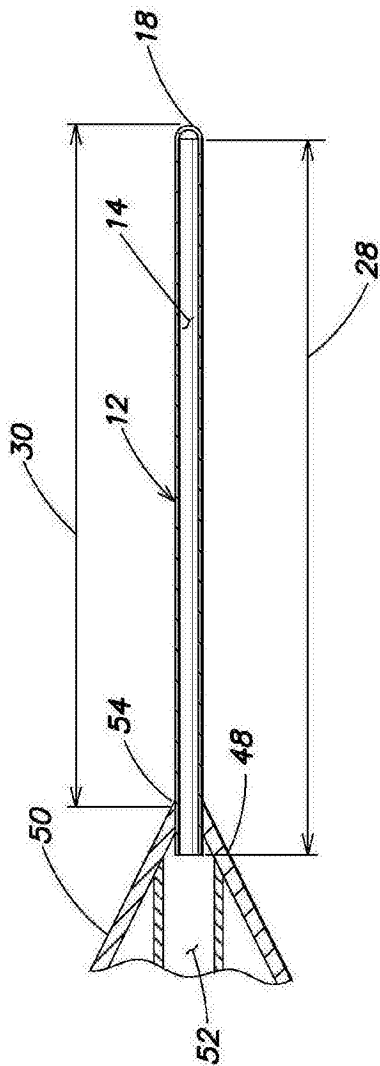


图4

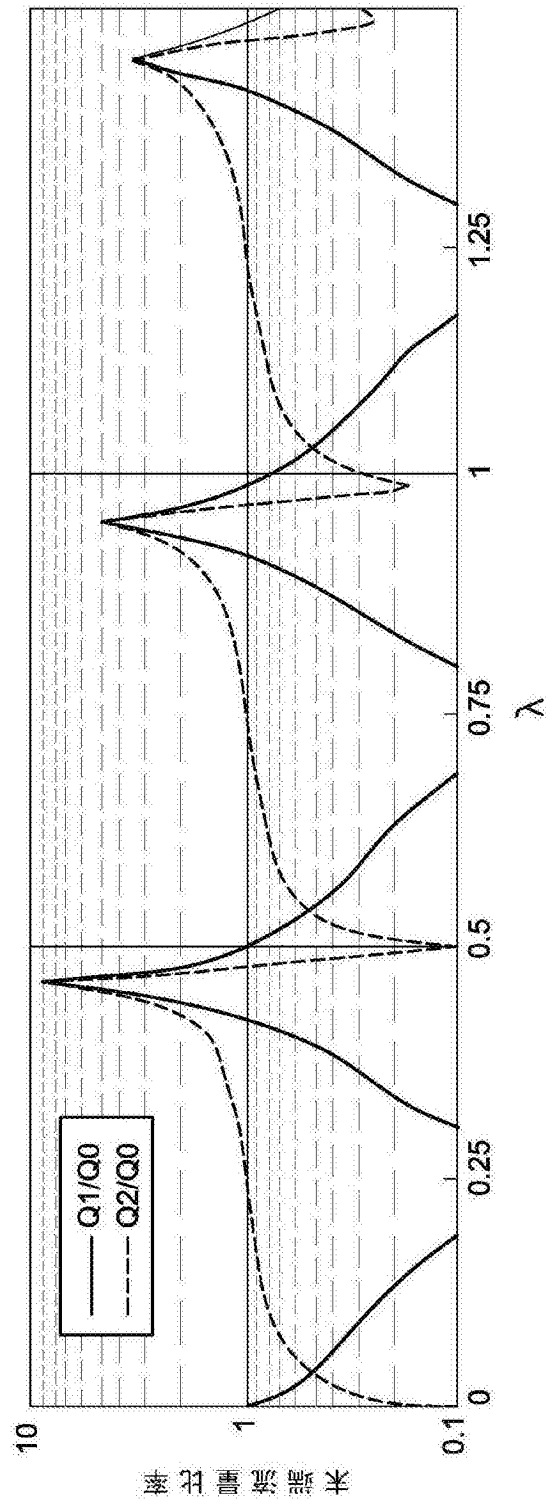


图5