



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113367772 B

(45) 授权公告日 2024. 12. 24

(21) 申请号 202110685812.4

(22) 申请日 2016.12.14

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113367772 A

(43) 申请公布日 2021.09.10

(30) 优先权数据  
62/269,542 2015.12.18 US

(62) 分案原申请数据  
201680082077.5 2016.12.14

(73) 专利权人 史赛克公司  
地址 美国密歇根州

(72) 发明人 A·唐尼

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002

专利代理师 李光颖

(51) Int.Cl.  
A61B 17/32 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2012078139 A1, 2012.03.29  
US 6955680 B2, 2005.10.18

审查员 江金波

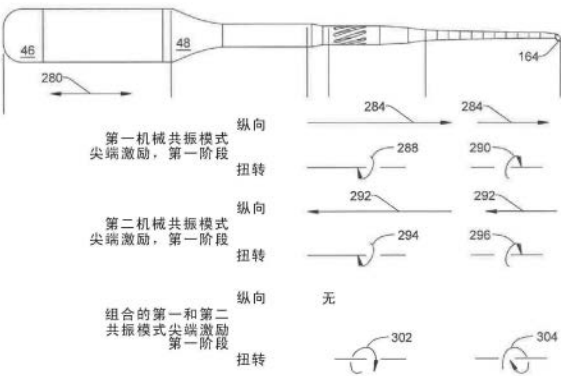
权利要求书2页 说明书22页 附图13页

(54) 发明名称

超声手术工具系统

(57) 摘要

一种超声工具系统具有控制台 (230) 和尖端 (142), 所述尖端具有远端, 所述远端当被振动时纵向地且扭转地振动。所述控制台将驱动信号施加到驱动器 (36), 所述驱动器使所述尖端以纵向机械抵消频率振动。因此, 当所述尖端振动时, 在所述远端处所述尖端的第一共振模式的纵向分量抵消所述尖端的第二共振模式的纵向分量, 因此所述尖端的所述远端参与实质上扭转的且仅最低限度纵向的振动。



1. 一种用于控制超声手持件的超声工具系统,所述超声手持件包括:至少一个驱动器,所述至少一个驱动器响应于对AC驱动信号的施加而循环地扩张和收缩;以及尖端,所述尖端包括相对的近端和远端,所述尖端的所述近端被耦合到所述至少一个驱动器,使得所述至少一个驱动器的所述扩张和收缩导致在所述尖端的所述近端处的纵向振动;以及所述尖端的近端和远端之间的特征,其将在所述尖端的所述近端处存在的所述纵向振动转换为在所述尖端的所述远端处的具有纵向分量和扭转分量的振动,所述超声工具系统包括:

用于生成所述AC驱动信号的组件,所述AC驱动信号被施加到所述超声手持件的所述至少一个驱动器,所述AC驱动信号具有可变频率;以及

处理器,其被配置为将所述AC驱动信号的频率设置为所述超声手持件的相邻的第一机械共振模式和第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率,所设置的频率对应于与所述第一机械共振模式相关联的所述尖端中的第一振动和与所述第二机械共振模式相关联的所述尖端中的第二振动,所述第一振动和所述第二振动中的每一个具有纵向分量和扭转分量,所述第一振动的所述纵向分量至少部分抵消所述第二振动的所述纵向分量。

2. 根据权利要求1所述的超声工具系统,其中:

响应于所述处理器将所述AC驱动信号的频率设置为所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率,所述尖端的所述远端被配置为在至少部分地扭转的行进路径中移动,使得在所述远端沿着所述行进路径移动期间,所述尖端的所述远端与垂直于所述尖端的纵向轴的轴线之间的角度不超过 $30^{\circ}$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的超声工具系统,还包括:

用于测量所述AC驱动信号的电流的组件;以及

用于测量所述AC驱动信号的电压的组件,

其中,所述处理器被配置为基于所测量的电流和电压将所述AC驱动信号的所述频率设置为所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率。

4. 根据权利要求3所述的超声工具系统,其中,所述处理器被配置为:

确定所述至少一个驱动器的电容;并且

基于所测量的电流和电压以及所述至少一个驱动器的所述电容将所述AC驱动信号的所述频率设置为所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率。

5. 根据权利要求4所述的超声工具系统,其中,所述处理器被配置为:

基于所测量的电流和电压、所述至少一个驱动器的所述电容、以及所述AC驱动信号的所述频率来计算施加到所述超声手持件的机械部件的电流的机械等效值;并且

基于施加到所述超声手持件的所述机械部件的电流的所述机械等效值将所述AC驱动信号的所述频率设置为所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率。

6. 根据权利要求5所述的超声工具系统,其中,所述处理器被配置为通过被配置为执行以下操作来基于所测量的电流和电压、所述至少一个驱动器的所述电容、以及所述AC驱动信号的所述频率计算施加到所述超声手持件的机械部件的电流的机械等效值:

基于所测量的电压、所述至少一个驱动器的所述电容、以及所述AC驱动信号的所述频率来计算通过所述至少一个驱动器的电流;并且

确定所测量的电流与通过所述至少一个驱动器的所述电流之间的差。

7. 根据权利要求5所述的超声工具系统, 其中, 所述处理器被配置为:

计算通过所述至少一个驱动器的电流与施加到所述超声手持件的所述机械部件的电流的所述机械等效值之间的比率; 并且

基于所计算的比率将所述AC驱动信号的所述频率设置为所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率。

8. 根据权利要求7所述的超声工具系统, 其中, 所述处理器被配置为通过被配置为执行以下操作来基于所计算的比率设置所述AC驱动信号的所述频率, 使得在所述尖端的所述远端处的所述振动是基本上扭转的:

将所计算的比率与目标比率进行比较; 并且

基于所计算的比率与所述目标比率的所述比较将所述AC驱动信号的所述频率设置为所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率。

9. 根据权利要求8所述的超声工具系统, 其中, 所述目标比率为0。

10. 根据权利要求8所述的超声工具系统, 其中, 所述处理器被配置为通过被配置为将所计算的比率的实部与所述目标比率进行比较来将所计算的比率与目标比率进行比较。

11. 根据权利要求4所述的超声工具系统, 其中, 所述处理器被配置为通过被配置为从所述超声手持件的存储器读取指示所述至少一个驱动器的所述电容的数据来确定所述至少一个驱动器的电容。

12. 根据权利要求1或2所述的超声工具系统, 还包括所述超声手持件。

13. 根据权利要求12所述的超声工具系统, 其中, 所述超声手持件包括套筒, 所述套筒包括:

主体, 其包括开口近端和远端, 并且限定在所述开口近端和远端之间延伸的腔, 所述主体适于在所述超声手持件的操作期间围绕所述尖端设置, 使得所述尖端延伸通过所述腔并延伸出所述套筒的所述开口远端;

与所述腔流体连通的导管, 其用于向所述尖端供应冲洗流体; 以及

尖端存储器, 其设置在所述主体中并存储特异于所述尖端的数据, 所述数据用于当所述超声手持件耦合到控制台时由所述控制台读取, 所述数据指示针对所述尖端的机械共振模式的频率以及针对所述尖端的纵向机械抵消模式的频率,

其中, 所述处理器被配置为基于由所述控制台从所述尖端存储器读取的特异于所述尖端的数据将所述AC驱动信号的所述频率设置为所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式的相应共振频率之间的频率。

## 超声手术工具系统

[0001] 本申请是申请日为2016年12月14日、发明名称为“超声手术工具系统”的专利申请201680082077.5的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明大体涉及超声驱动手术手持件。更具体地,本发明涉及一种具有多个振动模式的超声驱动手持件以及一种驱动所述手持件的方法,使得尖端头部经历为本质上扭转振动的振动。

### 背景技术

[0003] 超声手术器械是用于执行特定医学和手术流程的有用手术器械。通常,超声手术工具包括手持件,该手持件包含至少一个压电驱动器。尖端被机械地耦合到驱动器并从设置有驱动器的壳体或外壳向前延伸。尖端具有头部。头部被提供有通常为齿的特征,其尺寸适于完成特定的医学/手术任务。超声工具系统还包括控制台。控制台向驱动器提供AC驱动信号。在将驱动信号施加到驱动器时,驱动器循环地扩张和收缩。驱动器的扩张/收缩引起沿尖端传播的声波。声波引起尖端(尤其是头部)进入前后运动。当尖端如此移动时,该尖端被认为是振动的。尖端的振动的头部抵靠组织被施加以执行特定的手术或医学任务。例如,一些尖端头部抵靠硬组织被施加。一种形式的硬组织是骨骼。当这种类型的尖端头部被振动时,尖端齿的前后振动锯除相邻的硬组织。还有其他尖端头部被设计成抵靠软组织放置。

[0004] 一些超声工具通过在组织和周围流体中引起空化来移除组织。由于尖端头部以引起空化的速度或超过该速度来回移动而发生空化。空化是在邻近尖端的组织和周围流体中形成小空隙、空腔。这些空腔是极低压力的非常小的区域。跨这些空腔与形成相邻组织的细胞之间的边界有压差。由于该压差的相对较大的幅值,细胞壁爆裂。这些细胞壁的爆裂移除、消融形成该组织的细胞。一些尖端被形成有从尖端头部的侧面横向向外突出的齿。

[0005] 在物理上,许多尖端包括细长轴。轴的近端或后端被连接到手持件。头部(尖端头部)位于远端,即轴的自由端。头部有时从轴的相邻部分向外突出。超声尖端的头部通常相对较小。一些头部的直径小于1.0cm。超声工具移除与施加头部处相邻的组织。由于其头部的表面积相对较小,所以超声手持件已被证明是精确移除硬组织和软组织两者的有用工具。

[0006] 用于选择性地移除组织的其他切割器具是钻头和钻。为使钻头或钻起作用,器具通常是旋转的。这里,“旋转”应被理解为意指重复围绕穿过器具的纵向的360°运动。当与组织的阻力对抗时,该旋转的机械力可以使器具跳出切割的路径。这种旋转的另一不希望的效果是当器具的轴总是压在不打算移除的组织上时,旋转会撕裂或以其他方式损坏组织。对比之下,超声尖端的轴和头部都不旋转。这意味着当在流程中使用这种类型的器具时,基本上消除了由于尖端的旋转而导致组织会损坏的可能性。

[0007] 大多数尖端被设计为当施加驱动信号时,尖端头部主要以单一模式振动。这里,振动模式被理解为尖端头沿其行进的行进路径。大多数尖端被设计为纵向地振动。这意味着

头部沿着基本上与沿着尖端的近端到远端纵向轴对齐的轴来回移动。

[0008] 当尖端纵向地振动时会出现一个问题。如上所述的这种类型的尖端被设计成使得当尖端头部的侧面抵靠组织施加并振动时,齿切割、切除组织。备选地,或与切割相组合,齿可促进消融相邻组织的空化。出现该问题是因为有时尖端的轴的远端可以以一定的速度振动,该速度在头部的该端部压迫的组织中引起空化。这种空化可能导致不希望地消融、移除不是移除目标的组织。这种移除发生在尖端头部的远端的这一事实进一步使得通过减少这种不希望的组织移除所带来的挑战变得更加复杂。这个位置通常从从业者的视线是隐藏的。因此,从业者可能难以确定是否由于尖端的放置、是否发生这种不希望的组织消融。

[0009] 可获得以除了纵向模式以外的模式振动的一些尖端。一些尖端被设计成使得它们的头部在被振动时参与扭转振动或旋转振动。这意味着当被激励到振动中时头部围绕尖端纵向轴旋转。还有其他尖端被设计为折曲。该旋转围绕对向小于 $360^\circ$ 的角度的弧来回运动。这意味着当尖端被激励时,尖端的纵向轴来回弯曲。尖端头部随着尖端的弯曲(即,折曲)而移动。

[0010] 与超声手持件集成的特性是手持件的机械共振频率。这里,手持件应被理解为意指驱动器和耦合到包括尖端的驱动器的手持件的部件两者。机械共振频率是这些部件的频率,当尖端以该频率振动时,尖端头部经历峰值范围的振动运动。对于纵向地振动的尖端,峰值范围被理解为最大的来回距离。对于扭转地振动或折曲振动的尖端,最大范围被理解为振动周期的单个阶段中的最大弧。这里,峰值范围的运动被理解为在幅值上大于在驱动器以稍低于或稍高于共振频率的频率振动时发生的运动的运动。

[0011] 由于它们的结构,一些手持件具有多个机械共振模式。这意味着这种类型的手持件具有多个频率,在所述多个频率处,与相邻频率相比,当手持件被振动时,尖端头部参与峰值范围的移动。每个机械共振频率与机械共振模式中的单个机械共振模式相关联。

[0012] 本申请人的PCT公开号为W0 2015/021216A1/美国专利公开号为\_\_\_\_的专利公开了一种用于调节驱动信号的频率的单元,使得该信号处于尽可能接近地匹配尖端的机械共振频率的频率,其内容通过引用并入本文。通常,该过程通过确定PCT公开号W0 2015/021216A1的以下等式(等式(11))是否测试为真来执行:

$$[0013] \quad -\operatorname{Re} \left\{ \frac{\text{归因于驱动器的电容的复杂电流}}{\text{归因于手持件的机械部件的电流的复杂机械等效值}} \right\} = 0 \quad (1)$$

[0014] 施加到驱动器的驱动信号的频率用作该比率的前件和后件的变量。PCT公开No. W0 2015/021216A1教导了调节驱动信号频率,使得频率处于针对手持件的特定机械共振模式的共振频率。通常,该共振频率用于手持件的机械共振状态,其引起尖端头部的最大峰值范围的运动的振动。

[0015] 如果用于确定上述比率的计算产生肯定结果,则有必要降低驱动信号的频率,以便更接近地匹配其共振频率,从而产生最大期望振动移动。通常,选择被选择用于计算比率的变量来确定驱动信号的频率,该频率将使尖端以共振状态的共振频率振动,其中纵向模式振动和扭转模式振动具有最大幅值。

[0016] 在图1中,频率 $f_1$ (大约24.45kHz)是与手持件的机械共振模式中的第一机械共振模式相关联的频率。该频率是尖端处于无负载状态时该共振模式的共振频率。当尖端在自由空间中振动时,尖端处于无负载状态。当尖端被施加到组织时,尖端的负载增加到自由空

间负载以上。这导致机械共振模式(或多个模式)的共振频率(或多个频率)的变化。尖端的共振频率(或多个频率)也可能由于其他原因而改变。这些原因包括尖端温度的变化或施加到尖端的负载的声学属性的变化。这就是为什么PCT公开NO.WO 2015/021216A1教导连续评估等式(1)是否测试为真的原因。由于尖端被施加到组织,所以机械共振模式的共振频率改变。因此,为了确保系统(包括尖端)的有效运行,PCT公开No.WO 2015/021216A1教导基于等式(1)连续调节施加到手持件的驱动信号,使得信号处于尽可能接近地匹配相关机械共振模式的实时共振频率的频率。

[0017] 现在可获得一些尖端,其被设计为实质上减少由邻近尖端头部的尖端轴的纵向移动引起的不希望的影响。通常,该尖端被设计为以两个模式同时振动。通常,该尖端被设计为以纵向模式和扭转模式振动。能够以这两个模式同时振动的一个尖端是可从本申请人(密歇根州卡拉马祖的Stryker公司)获得的Long Micro Claw尖端。该尖端的结构被公开在美国专利No.6,955,680(COUPPLING VIBRATION ULTRASONIC HAND PIECE)中,其内容通过引用明确地并入。简而言之,这种类型的尖端具有将从驱动器传递的纵向振动分解为两个分量的特征。具体地,这些特征分解振动,使得每个振动具有纵向分量(纵向模式振动)和扭转分量(扭转模式振动)。

[0018] 尖端头部振动是等于纵向模式振动的总和以及扭转模式振动的总和的振动。

[0019] 在相关频率范围内,上述尖端具有两个机械共振模式。在图1中,频率 $f_1$ 是与第一机械共振模式相关联的共振频率。频率 $f_2$  (25.32kHz)是与第二机械共振模式相关联的共振频率。当尖端以与第一机械共振模式相关联的机械共振频率振动时,尖端的远端部分经历与驱动信号稍低于或稍高于该共振频率时的移动范围相比处于峰值范围的纵向移动和扭转移动两者。当尖端以与第二机械共振模式相关联的机械共振频率振动时,尖端的远端部分经历与驱动信号稍低于或稍高于该共振频率时的移动范围相比处于峰值范围的纵向移动和扭转移动两者。对于施加大约25kHz的驱动信号的尖端,“稍低于”的定义可以是低于机械共振频率的100至300Hz的频率。对于这种类型的尖端,“稍高于”的定义可以是高于机械共振频率的100至300Hz的频率。

[0020] 通常,当尖端以机械共振模式中的一个振动时产生的运动的峰值范围是比当尖端以与另一机械共振模式相关联的频率振动时的移动的峰值范围更大的移动范围。上述通过引用并入的PCT公开No.WO 2015/021216A1教导应用提供驱动信号,该驱动信号使尖端以机械共振模式的共振频率振动,在该共振频率,峰值范围运动具有最大幅值。在图1中,这是频率 $f_1$ 。

[0021] 本申请人的PCT申请号为PCT/US2015/044023、公开为W02016/022808A1/美国专利号为\_\_\_\_\_的专利公开了用于调节对施加到手持件的驱动信号的施加的备选系统,其内容通过引用并入本文。该文档涉及一种系统,该系统公开了如何将具有多个分量的驱动信号施加到手持件。驱动信号的第一分量具有电势并且处于与第一机械共振模式相关联的频率,即图1中的频率 $f_1$ 。驱动信号的第二分量具有电势并且处于与第二机械共振模式相关联的频率。这是图1中的频率 $f_2$ 。通过调节驱动信号的各个分量的电势和频率,可以调节与两个机械共振模式相关联的振动的纵向分量之和的幅值。对驱动信号的各个分量的电势的调节还设置两个共振状态的振动的扭转分量之和的幅值。通过调节这些各个振动分量,尖端可以以这样的方式振动:使得尖端头部参与可以被认为是非线性的行进路径。这里,非线性

行进路径是这样的行进路径:当尖端头部上的单个点参与单个来回振动周期时,在该周期的第一阶段中,该点在在空间中的第一组点上转变;在第二阶段(返回阶段)中,尖端在空间中的第二组点上转变。第二组点与第一组点不同。在一个实例中,单个周期中的行进路径基本上是椭圆形的。

[0022] 在非线性行进路径中驱动尖端的益处在于,在第一阶段中,齿撞击骨骼,然后在下一阶段的移动中摩擦骨骼。在尖端齿移动的撞击阶段期间,尖端使骨骼破裂以移除期望量的骨骼。在齿摩擦骨骼的移动阶段期间,齿清除由于齿撞击阶段而刚刚形成的碎屑。这些碎屑的清除导致可能减少在下一振动周期期间碎屑的存在对骨骼切割过程产生不利影响的程度。

[0023] 由于上述原因,将驱动信号施加到超声手持件是有用的,该驱动信号使得尖端以两个振动模式(纵向和扭转)同时振动。

[0024] 然而,即使被设计为被驱动以参与扭转模式振动和纵向模式振动的尖端也将沿着尖端的轴经历一些纵向移动。由于上述原因,该移动可能导致邻近尖端头部的远端的不希望的空化,并且通过延伸,导致不希望的组织消融。因此,仍然存在一些情况,其中最好是将驱动信号施加到手持件上,使得尖端被迫进入实质上扭转的并且具有(如果有的话)最小纵向分量的振动。

## 发明内容

[0025] 本发明涉及一种新的且有用的超声手术工具系统。本发明的系统包括具有尖端和用于提供使尖端振动的驱动信号的补充控制系统的手持件。控制台和尖端共同地被布置成使得当驱动信号被施加到尖端时尖端参与主要处于扭转模式的运动。

[0026] 本发明的系统包括具有尖端的手持件。本发明的尖端具有将纵向振动的分量转换成扭转振动的特征。

[0027] 本发明基于如下原理:由于形成包括尖端的手持件的机械部件的特性,手持件具有在第一机械共振模式与第二机械共振模式的共振频率之间的纵向机械抵消频率。当以该频率将驱动信号施加到手持件驱动器时,手持件的机械部件被激励以同时引起尖端中的第一机械共振模式振动和第二机械共振模式振动两者。本发明所基于的另一原理是,当机械部件被激励为以两个机械共振模式同时振动时,与共振模式相关联的纵向振动彼此异相并且扭转振动同相。

[0028] 作为手持件如此振动的结果,由于各个模式的纵向振动异相,所以这些振动彼此抵消。由于各个模式的扭转振动同相,所以尖端(更具体地是轴的头部和相邻区段)参与明显的扭转振动。因此,本发明的尖端经历实质扭转振动,同时轴的头部和相邻区段经历(如果有的话)最小纵向振动。

[0029] 本发明涉及一种系统,通过监测施加到手持件的驱动信号的特性,该系统连续地调节驱动信号的特性。更具体地,连续调节驱动信号的频率以确保该信号尽可能接近地等于手持件的纵向机械抵消频率。

[0030] 对驱动信号的这种连续监测以及对该信号的频率的随后调节是必要的,因为当施加到手持件的机械部件的负载改变时,纵向机械抵消频率类似地移变。

## 附图说明

[0031] 在权利要求中特别指出了本发明。从以下结合附图的详细描述中进一步理解本发明的上述特征和益处以及其他特征和益处,其中:

[0032] 图1是归因于手持件的驱动器的电容的电流与在手持件(包括本发明的手持件)的频率上通过手持件的电流的机械等效值之间的比率的实部的图形表示;

[0033] 图2描绘了包括本发明的特征的超声工具系统的基本部件;

[0034] 图3是该工具的机械部件、手持件、系统的尖端和套筒的图解描绘和分解描绘;

[0035] 图4是描绘手持件和尖端的电气部件以及这些部件如何被连接到控制台的框图;

[0036] 图5描绘了存储在手持件内部的存储器中的数据类型;

[0037] 图6描绘了存储在与工具尖端集成的存储器中的数据类型;

[0038] 图7是本发明的系统的控制台和手持件部件的电气部件的框图;

[0039] 图8以二维表示根据本发明的当尖端被振动时尖端头部的点围绕纵向轴的行进路径;

[0040] 图9是与包括尖端的手持件的纵向振动和扭转振动相关联的边界和节点的位置的图解指示;

[0041] 图10是在振动周期的第一阶段期间手持件的纵向振动和机械振动的各个分量以及这些分量的总和的图解表示;

[0042] 图11是在振动周期的第二阶段期间纵向振动和机械振动的各个分量以及这些振动的总和的图解表示;

[0043] 图12是根据本发明施加电流和机械等效值的阻抗的示意图;以及

[0044] 图13A和图13B当被装配在一起时形成本发明的系统的操作的流程图。

## 具体实施方式

[0045] I. 系统概述和硬件

[0046] 现在通过参考图2和图3总体上描述包括本发明的特征的超声工具系统30。系统30包括手持件32。尖端142被附接到手持件32并且从手持件32在远侧向前延伸。“远端”被理解为意指远离从业者,朝向施加手持件的部位。“近端”被理解为意指朝向持有手持件的从业者,远离施加手持件的部位。)尖端142是系统30的部件,其被施加到组织以执行期望的医学/手术流程。系统30还包括控制台230。控制台230提供被施加到手持件32的驱动信号。响应于对驱动信号的施加,手持件32使尖端142振动。

[0047] 手持件32包括主体或壳体34,仅在图2中可见。从图3和图4可以看出,一个或多个振动压电驱动器36(示出了四个)被设置在壳体34内部。每个驱动器36是由当向驱动器施加电流时经历瞬间扩张或收缩的材料形成。驱动器的扩张/收缩位于驱动器36的纵向轴上,该轴在驱动器的近侧和远侧定向面之间延伸。一对引线38远离每个驱动器36延伸。引线38被附接到驱动器的相对的近侧和远侧定向面。许多但不是全部的手持件32包括盘形的驱动器36。驱动器36首尾相连地被布置在堆栈中。引线38是系统30的部件,驱动信号通过这些部件被施加到驱动器36。可选的绝缘盘40(示出了一个)被设置在相邻驱动器36之间。在图3中,驱动器36和绝缘盘40被示出为被彼此间隔开。这是为了便于说明部件。实际上,驱动器36和绝缘盘40紧密地邻接。



[0048] 柱44纵向地延伸通过驱动器36、引线38和绝缘盘。柱44延伸通过驱动器36、引线38和绝缘盘40并沿着这些部件的共线纵向轴延伸。不可见的是驱动器36、引线38和绝缘盘40内部的通孔,柱44延伸通过所述通孔。柱44从最近侧定位的驱动器36和最远侧定位的驱动器向外突出。

[0049] 近端块46被定位为邻近并邻接最近侧定位的驱动器36的近侧定向面。块46被附接到柱44的近端部分。如果柱44具有螺纹,则块36可以是螺母。

[0050] 图3中可见的角状物48从最远侧定位的驱动器36的远侧定向面向前延伸。角状物48具有基部,该基部的直径大致等于驱动器36的直径。从驱动器36在远侧向前延伸,角状物48的直径减小。柱44的暴露的远端部分被固定到角状物48上。在本发明的许多版本中,柱44和角状物48是单件单元。手持件32被构造使得驱动器36和绝缘盘的堆栈被压缩在近端块46和角状物48之间。

[0051] 手持件存储器56也设置在手持件壳体34中。存储器56包含用于调节手持件32和尖端142的操作的数据。存储器56可以采用EPROM、EEPROM或RFID标签的形式。存储器的结构不是本发明的一部分。出于说明的目的,手持件存储器56是RFID标签。线圈54被示出为被连接到存储器56。线圈54是与手持件相关联的部件,控制台230通过该部件从手持件存储器56读取和写入该手持件存储器。

[0052] 图5示出了存储在手持件存储器56中的数据类型。如由字段62所表示的这些数据包括识别手持件32的数据。这些数据对于验证控制台230能够将驱动信号施加到手持件是有用的。字段62中的数据还可以指示在控制台显示器268上呈现的关于手持件的信息的类型。手持件存储器56中的其他数据用于调节将驱动信号提供到驱动器36。对这些数据的使用在下面讨论,现在描述数据类型。字段64包含指示电容 $C_0$ 、驱动器36的堆栈的电容的数据。驱动器电容可以在装配手持件34的过程期间通过分析来确定。驱动器的电容的总和通常在500到5000pF之间。关于应当被施加到手持件36的最大电流(电流 $i_S^{MAX}$ )的数据被包含在字段66中。电流 $i_S^{MAX}$ 通常小于1Amp峰值,更常见的是0.5Amp峰值或更小。字段68包含指示下面讨论的电流的最大机械等效值 $i_M^{MAX}$ 的数据,该电流应当流过手持件的下面讨论的机械部件。电流 $i_M^{MAX}$ 通常为0.25Amp峰值或更低。驱动信号的最大电势(电压 $V_S^{MAX}$ )被存储在字段70中。电压 $V_S^{MAX}$ 通常是1500伏AC峰值。

[0053] 手持件存储器56中还存储有指示应当被施加到手持件32的驱动信号的最小频率和最大频率的数据。存储在字段72中的最小频率通常是可以由控制台提供的驱动信号的最小频率。存储在字段74中的驱动信号的最大频率通常比最小频率大5kHz至40kHz。

[0054] 字段76包含用于控制由控制器96输出的控制信号的系数。PID控制回路用于建立针对这些信号中的每个的最终水平。字段76包含针对这些控制回路中的每个的系数。应当理解,字段62、66、68、70、72、74和76中的数据(如字段64中的数据)作为装配手持件的过程的一部分被存储在手持件存储器56中。

[0055] 手持件存储器56还包含字段78作为使用历史字段。在使用手持件32期间,控制台230将数据写入字段128,以便提供手持件的操作的日志记录。

[0056] 返回图4,可以看到,手持件32内部还示出了两个导体132。导体132从线圈54延伸

到手持件的远端。导体132被连接到也设置在手持件32中的第二线圈(线圈134)。

[0057] 尖端142从手持件角状物48向前延伸。尖端142具有大致圆柱形的轴144。在本发明的一些但不是所有的版本中,轴144具有多个区段,每个区段具有不同的横截面直径。在本发明的图示的版本中,尖端轴144具有近端区段146。轴近端区段146被形成有耦合特征,该耦合特征被设计为方便将尖端可移除耦合到手持件32。在本发明的一个版本中,手持件耦合特征是从角状物48向前延伸的凸台49。凸台49的外表面被形成有螺纹(未示出)。尖端耦合特征是封闭端孔145,其从轴144的近端部分地通过轴近端区段145向内延伸。孔145被提供有螺纹(未示出),其被设计为与手持件角状物48集成的螺纹凸台接合。

[0058] 在本发明的描绘的版本中,轴144具有从轴近端区段146向前延伸的中间区段150。中间区段150的直径小于近端区段146的直径。所描绘的轴144具有远端区段160。轴远端区段160的直径小于中间区段150的直径。未识别出的是轴144的锥形过渡区段。一个过渡区段在近端区段146和中间区段150之间。第二过渡区段在中间区段150和远端区段160之间。轴的远端区段具有其自身的微小锥度,使得当区段160在远侧延伸时,轴的直径略微减小。

[0059] 头部164是尖端142的最远端部分。头部164位于轴远端区段160的正前方。头部164有时被形成有齿或凹槽(未示出)。尖端头部164是系统30压迫组织以执行所需流程的部分。齿或凹槽被设计为使得当头部164移动时,齿或凹槽撕裂组织。由于头部的移动,齿或凹槽移除组织。尖端齿或凹槽的几何形状不是本发明的一部分。

[0060] 手持件32通常被设计成使得驱动器的来回移动引起尖端142中的类似的振动运动。这些是纵向振动,因为运动沿着尖端(更具体地是轴)的纵向轴来回。本发明的尖端142还被提供有将施加到轴144的近端的近端到远端振动运动转换成两个振动运动的特征。在所描绘的尖端142中,这些特征是螺旋槽154,其从轴中间区段150的外表面向内延伸。由于槽154的存在,施加到轴近端区段146的纵向运动的一部分成为使尖端的更远端区段除了纵向地振动之外还旋转地振动的运动。旋转振动被理解为意指轴和尖端在围绕轴144的纵向轴延伸的弧中的振动。

[0061] 套筒170围绕尖端轴144设置。套筒170由塑料形成。套筒的近端被形成有方便将套筒可释放地耦合到手持件壳体34的远端的特征。形成系统30的部件被形成使得套筒径向地远离尖端轴144并且纵向地远离尖端头部160间隔开。更具体地,这些部件的尺寸适于使得在尖端的正常振动期间,尖端不与套筒邻接。

[0062] 虽然不是本发明的一部分,但可以看到,套筒170通常被形成有配件172。配件172被形成以容纳冲洗线。在使用系统30期间,冲洗流体经常流入套筒170。流体流过尖端142和套筒170之间的间隙并从套筒的开口远端流出。手持件柱44和尖端142被形成有相连的孔(未示出的孔)。在流程期间,抽吸器通过这些孔抽取。抽吸器从施加尖端头部164的部位抽取冲洗流体以及通过流程形成的夹带在流体中的碎屑。抽吸器还将组织抽取向尖端头部164。将组织朝向尖端头部164的该抽取增强由尖端头部对组织的切割。

[0063] 尖端存储器184(在图3中可见为虚线矩形)被设置在套筒内部。存储器184被称为尖端存储器,因为即使存储器被设置在套筒170中,该存储器也用于控制尖端142的操作。此外,尖端142和套筒170通常作为单个封装被分布在一起。通常,尖端142最初首先被耦合到手持件32。在尖端142就位之后,套筒170被装配到手持件上。尖端存储器184通常是与手持件存储器56相同类型的存储器。因此,在本发明的图示版本中,尖端存储器184是RFID标签。

嵌入套筒170中的线圈182(仅在图4中可见)被连接到尖端存储器172的输入引脚。形成系统30的部件被构造为当套筒170被装配到手持件32上时,手持件线圈134和线圈182能够参与感应信号交换。

[0064] 图6描绘了包含在尖端存储器184中的数据类型。如由字段188所表示的,这些数据包括尖端识别字段。字段188中的数据识别尖端,并且类似于识别手持件存储器识别字段112中的手持件的数据。在字段190中存储了指示在特定尖端142时应当经过手持件的机械部件的电流的最大总机械等效值 $i_M^{MAX}$ 的数据。字段192包含指示应当被施加到用于使尖端振动的手持件驱动器的驱动信号的最小电压 $V_S^{MIN}$ 的数据。字段193包含指示应当被施加到用于使尖端振动的手持件驱动器的驱动信号的最大电压 $V_S^{MAX}$ 的数据。

[0065] 字段194包含定义机械共振模式中的一个的最低可能频率(MIN MRM FREQ.)的数据。字段195包含定义机械共振模式的最高可能频率(MAX MRM FREQ.)的数据,字段195定义该机械振动模式的最低可能频率。通常,字段194和195包含定义第一机械共振模式的频率范围的数据。该频率范围是在第一共振模式的频率和第二共振模式的频率之间的差的函数。例如,如果两个机械共振模式的频率之间的差是2000Hz或更多,则字段194和195的数据中包含的频率范围可以是1000Hz。更通常的,由字段194和195中的数据定义的围绕机械共振频率的频率范围是400Hz或更小。在本发明的更优选版本中,围绕机械共振频率的频率范围是100Hz或更小。

[0066] 字段196包含定义尖端142的下面讨论的纵向机械抵消频率的最低可能频率(MIN LCM FREQ.)的数据。字段198包含定义纵向机械抵消频率的最高可能频率(MAX LCM FREQ.)的数据。由字段196和198中的数据定义的频率范围也是两个机械共振模式的共振频率的函数。当尖端处于无负载状态时,该频率范围通常以尖端的纵向机械抵消频率为中心。该频率范围可以部分地与尖端可以被驱动的机械共振模式相关联的频率范围重叠。围绕纵向机械抵消频率的尖端的操作的频率范围不应当延伸到尖端可以被驱动的机械共振模式的共振频率。

[0067] PID系数字段204包含用于尖端的控制信号的控制系数,其可以比手持件存储器PID系数字段76中的数据更具特异性。尖端存储器184还包含尖端使用历史字段206。在系统30的操作期间,控制台230将关于尖端142的使用的数据写入字段206。

[0068] 现在参照图2、图4和图7描述的控制台230将驱动信号提供到手持件32,其导致尖端142的振动。这些部件包括电源232。电源232输出通常在1和250VDC之间的恒定电压信号。在本发明的许多版本中,由电源232输出的电压的最大电势是200VDC或更小。由电源232产生的电压被施加到可变增益放大器234。控制信号(特别是WAVEFORM\_SET(W\_S)信号)被施加到放大器234。WAVEFORM\_SET信号在频率和幅度两者上都变化。因此,WAVEFORM\_SET频率用于改变由放大器234产生的信号的增益和频率,使得放大器产生在电势和频率两者上都变化的输出信号。可以并入到控制台230中的一个这样的放大器在美国临时专利申请No.62/159,672中公开,其内容在通过引用并入的PCT公开No.WO 2016/183084/美国专利公开No.\_\_\_\_\_中公开。更具体地,放大器234能够输出具有在10kHz和100kHz之间的频率的信号。通常,信号的最小频率为20kHz,最大频率为40kHz。

[0069] 来自放大器234的输出信号被施加到变压器238的初级绕组244,其也是控制台230

的一部分。跨变压器238的次级绕组248存在的电压是施加到手持件驱动器36的驱动信号。该电压通常最大为1500伏AC峰值。驱动信号跨驱动器36并行施加。

[0070] 变压器238包括反馈线圈246。跨反馈线圈246存在的电压被施加到电压测量电路252。基于跨反馈线圈246的信号,电路252产生表示电压 $V_s$ 的电势和相位的信号,该电压是施加到手持件32的驱动信号的电压。也设置在控制台230中的线圈254被定位为紧密靠近从变压器次级绕组248延伸的导体之一。跨线圈254的信号被施加到电流测量电路256。电路256产生表示电流 $i_s$ 的幅值和相位的信号,该电流是被提供到手持件32的驱动信号的电流。

[0071] 跨变压器次级绕组248存在的驱动信号存在于被附接到与控制台集成的插座(未示出的插座)的两个导电触点250处。

[0072] 通过仅在图2中可见的线缆228将驱动信号施加到手持件驱动器。在系统30的许多结构中,手持件30和线缆228是单个单元。线缆228被连接到控制台插座,触点250位于该控制台插座中。

[0073] 在本发明的其中手持件32和线缆228是单个单元的各版本中,手持件线圈54被设置在与线缆集成的插头中。补充线圈258被设置在控制台插座中。形成该系统的部件被配置为使得当与线缆228集成的插头位于手持件插座中时,线圈54和258能够感应地交换信号。

[0074] 表示驱动信号电压 $V_s$ 和电流 $i_s$ 的信号被提供到手持件,被施加到也在控制台230内部的处理器266。控制台230还包括存储器读取器262。存储器读取器262被连接在控制器线圈258的一端和处理器266的相对端。存储器读取器262将跨线圈258存在的信号转换成处理器266能够读取的数据信号。存储器读取器262还响应于由处理器266输出的信号,输出跨线圈258的信号,该信号使线圈输出导致将数据写入手持件存储器52和尖端存储器184的信号。存储器读取器262的结构补充手持件存储器102。因此,存储器读取器262可以是:能够读取EPROM或EEPROM中的数据的数据的组件,或能够询问和读取来自RFID标签的数据的组件。

[0075] 处理器266生成被施加到放大器234的WAVEFORM\_SET信号。处理器266因此设置由控制台230输出并施加到手持件32的驱动信号的特性。由处理器266设置的驱动信号的特性是驱动信号的电压和频率。处理器266根据手持件32的特性和尖端134的特性来确定这些特性。处理器266还根据所采集的电压 $V_s$ 和电流 $i_s$ 的测量结果来确定驱动信号。

[0076] 显示器268内置于控制台230中。显示器268上的图像被示出为由处理器266生成。显示器268上描绘的信息包括:识别手持件32和尖端的信息;以及描述系统的操作状态的特性的信息。显示器268通常是触摸屏显示器。处理器266使按钮的图像被呈现在显示器上。通过按下按钮,从业者能够将他/她期望的内容设置为系统30的特定操作特性。

[0077] 除了在显示器268上呈现的按钮之外,通常还存在与控制台相关联的至少一个接通/断开开关。在图2和图7中,该接通/断开开关由脚踏开关270表示。脚踏开关270被配置为生成随开关被按下的程度而变化的信号。该信号被提供到处理器266。基于由脚踏开关270提供的信号的状态,处理器266调节驱动信号的生成,以便控制尖端是否振动以及尖端头部振动的幅值两者。

## [0078] II. 操作基础

[0079] 本发明的系统30被设计为使得控制台230输出驱动信号,该驱动信号导致尖端头部164沿着可以被认为是实质上扭转的行进路径移动。这里,实质上扭转的行进路径被理解为尖端头部164上的点的行进路径,其是图8的线PT,该线相对线PA成 $30^\circ$ 或更小(优选地 $15^\circ$ )

或更小,并且更优选地,8°或更小)的锐角 $\alpha$ 。线PA被理解为垂直于线LA,该线是通过尖端142的纵向轴。线LA和线PA被理解为处于图8的平面中。在图8中,线PT以二维表示尖端头部的单个点的行进路径。因此,在线LA、PA和PT相交的左侧,线PT在线PA下方延伸出图8的平面。在线LA、PA和PT相交的右侧,线PT在线PA上方延伸到图8的平面中。因此,在同时参与扭转运动和纵向运动的头部是其中点将部分地围绕线PA旋转并且沿着与线LA平行的纵向行进路径上下移动时,头部164上的点将围绕行进路径移动。在完美的条件下,尖端头部164参与扭转运动并且不参与任何纵向运动。如果尖端头部164参与这种类型的运动,则应理解,在线PA与线PT之间的锐角将为0°。

[0080] 系统30的操作所基于的主要原理是,由于存在槽154、将尖端的纵向运动转换成扭转运动的特征,包括尖端的手持件具有第一机械共振模式和第二机械共振模式,所述第一机械共振模式和所述第二机械共振模式具有彼此间隔开的共振频率。对于驱动信号在20kHz至40kHz范围内操作的系统的许多版本,两个机械共振模式的共振频率应当被间隔开至少250Hz。在本发明的更优选版本中,这些共振频率被间隔开至少500Hz。

[0081] 本系统的操作所基于的第一推论原理是当驱动信号被施加到处于与第一机械共振模式相关联的共振频率的手持件驱动器36时,尖端头部经历以该频率的組合的纵向振动和扭转振动。尖端头部不会参与可能与第二机械共振模式相关联的明显的振动运动。

[0082] 本系统的操作所基于的第二推论原理是当驱动信号被施加到处于与第二机械共振模式相关联的共振频率的手持件驱动器36时,尖端头部经历以该频率的組合的纵向振动和扭转振动。尖端头部不会参与可能与第一机械共振模式相关联的明显的振动运动。

[0083] 现在参考图9描述与手持件相关联的振动的边界和节点。近端块46的近端表示手持件的纵向振动的近端无约束边界。这里,手持件被理解为包括尖端142。在近端无约束纵向边界的远端前方存在第一纵向节点,即近端纵向节点。该节点可以被定位为邻近最远端驱动器36。在近端纵向节点的前方,存在第二纵向节点,即远侧纵向节点。该节点位于尖端142中靠近螺旋槽154的位置处。在纵向节点处,驱动器引起的手持件中的纵向扩张/收缩波既不会使手持件或尖端扩张也不会使手持件或尖端收缩。在每个纵向节点的相对侧上,由驱动器生成的声波引起手持件的相反的扩张和收缩移动。因此,当在手持件的每个共振模式期间驱动器引起手持件在近端无约束边界和近端纵向节点之间的扩张时,在两个纵向节点之间存在收缩并且在远端纵向节点的远端存在扩张。类似地,当对于共振模式驱动器引起在近端无约束边界和近端纵向节点之间收缩时,手持件在纵向节点之间经历扩张,并且在远端纵向节点的远端经历收缩。

[0084] 在远端纵向节点的远端和靠近槽154的位置处,手持件具有固定的扭转边界。在该位置的远端,由于存在槽154,通过尖端的每个纵向扩张/压缩波的一部分被转换成扭转尖端的运动,引起扭转运动。在槽154的前方,存在扭转节点。在扭转节点处,尖端不会参与任何扭转运动。在扭转节点的远端,尖端在与固定扭转平面和扭转节点之间的尖端的区段扭转的方向相反的方向上扭转。

[0085] 尖端头部164的远端是针对手持件的纵向振动和扭转振动两者的无约束边界。该边界是无约束边界,因为尖端头部没有被附接到约束尖端的运动的固定对象上。这就是为什么当驱动信号被施加到手持件时,通过尖端轴144传递到尖端头部164的振动运动引起尖端头部的振动移动。

[0086] 当以第一机械共振模式和第二机械共振模式之间的频率将驱动信号施加到手持件驱动器时,手持件的机械部件被驱动以同时参与与第一机械共振模式和第二机械共振模式中的每个相关联的多个振动。因此,当驱动信号以第一机械共振模式的共振频率和第二机械共振模式的共振频率之间的频率施加到手持件驱动器时,驱动器36施加到手持件的其余部分的力引起具有与第一机械共振模式相关联的分量和与第二共振模式相关联的分量的纵向扩张/收缩。还应理解,与第二机械共振模式相关联的纵向振动和与第一机械共振模式相关联的纵向振动异相。

[0087] 类似地,当驱动信号以在第一机械模式的共振频率和第二机械模式的共振频率之间的频率施加到手持件驱动器时,尖端142的在槽154远端的机械部件参与具有与第一机械共振模式相关联的分量和与第二机械共振模式相关联的分量的扭转振动。还应理解,与第二共振模式相关联的尖端的扭转振动和与第一共振模式相关联的尖端的扭转振动同相。这意味着当尖端由于以第二机械共振模式被振动而参与纵向收缩(或扩张)运动时,尖端被迫进入与当尖端由于以第一机械共振模式被振动而参与纵向扩张(或收缩)时相同方向上的扭转运动。

[0088] 基于这些原理,本发明的系统30被配置为将驱动信号施加到手持件驱动器36,该驱动信号在与手持件的第一机械共振模式和第二机械共振模式相关联的共振频率之间。将驱动信号施加到驱动器的特定频率现在称为纵向机械抵消频率 $f_{LC}$ 。在图1的曲线图中,纵向模式抵消频率 $f_{LC}$ 是24.97kHz。

[0089] 当驱动信号以纵向机械抵消频率被施加到驱动器36时,手持件以所谓的纵向机械消除模式操作。图10和图11示出了当手持件以该模式操作时尖端的振动移动的分量。图10描绘了当驱动器将第一力施加到手持件的其余部分时发生的情况。任意地,驱动器输出由向外指向的双头箭头280表示的扩张力。可以认为驱动器在单个振动周期的第一阶段期间将该力施加到尖端的其他机械部件。出于本发明的目的,手持件的机械部件是手持件的振动部件,其将机械能施加到机械负载。这些部件包括驱动器36、柱44、近端块46、角状物48和尖端142。套筒170通常不被认为是电流的等效物流过的部件。这是因为当套筒170振动时,套筒的振动归因于其他部件的振动。换句话说,套筒170是机械负载的施加手持件的其他机械部件的振动的一部分。因此,为了分析本发明的运动和信号流,套筒170不被认为是手持件的机械部件之一。

[0090] 由于驱动器36以纵向机械频率向手持件的其余部分施加扩张力,所以手持件的机械部件被激励成经历它们自己的纵向移动。由于这些部件倾向于以第一机械共振模式在远端纵向节点的远端振动,所以该移动是纵向扩张移动。这由图10的指向右边的箭头284表示。虽然这种移动像是驱动器的运动是扩张运动,但是这种移动与驱动器36的振动异相。由于在扭转边界处存在螺旋槽154,所以该纵向移动的一部分被转换成尖端142的扭转移动。邻近扭转边界,该移动在弯曲箭头288的方向上。从远端向下看手持件,该移动将显现为逆时针运动。在沿着尖端从扭转节点到尖端头部的位置处,该移动将从相同视角看起来像顺时针旋转,即由箭头290表示的旋转。

[0091] 手持件的机械部件也希望以第二机械共振模式振动。因此,对施加到手持件的机械部件的相同的扩张力的施加导致这些部件以第一模式的异相纵向扩张振动,引起在远端纵向节点的远端的这些相同的部件进入以第二机械共振模式的异相纵向收缩振动。这些收

缩振动由指向左边的箭头292表示。由于在扭转边界的远端存在螺旋槽154,这些纵向振动的一部分被转换成扭转振动。紧邻扭转边界,由弯曲箭头294表示的这些振动在逆时针方向上。在扭转节点的远端,由箭头296表示的这些振动在顺时针方向上。

[0092] 因此,当处于纵向机械抵消频率的驱动信号被施加到驱动器36时,在该信号的一个相位期间,手持件机械部件在纵向节点的远端扩张的倾向被这些部件也希望收缩的倾向抵消。因此,尖端164基本上不会参与纵向移动。

[0093] 同时在该阶段中,由于螺旋槽154的存在,将否则引起手持件部件的纵向运动的相反的力被转换成在扭转边界的远端的扭转运动。这些扭转运动彼此同相,如箭头所示。由于这些扭转运动彼此同相,所以它们可累积。换句话说,在振动周期的阶段期间,如果尖端头部被激励成扭转移动,则尖端头部164的扭转移动大于该尖端头部的扭转移动,因为手持件被驱动为以机械共振频率中的单个机械共振频率振动。这就是为什么在图10中,表示在扭转节点的近端的扭转振动之和的弯曲箭头302被描绘为比箭头288和294中的任一个长。出于同样的原因,表示在扭转节点的远端的扭转振动之和的弯曲箭头304被描绘为比箭头290和296中的任一个长。

[0094] 图11描绘了当驱动器36在单个振动周期的第二阶段期间施加收缩力时发生的情况。由于驱动器收缩,柱44将螺母46和角状物48朝向彼此拉动,这由向内指向的双头箭头310表示。由于施加该力,以及这些部件想要以第一机械共振模式振动的倾向,在远端纵向节点的远端,该力显现为纵向收缩移动。该移动由图11的指向左边的箭头312表示。该移动与驱动器36的收缩异相。由于螺旋槽154的存在,在扭转边界处,该纵向移动的一部分被转换成尖端142的扭转移动。邻近扭转边界,该移动在弯曲箭头314的顺时针方向上。在沿着尖端从扭转节点到尖端头部164的位置处,该移动将从相同视角看起来像逆时针旋转,即由箭头316表示的旋转。

[0095] 手持件的机械部件也想要以第二机械共振模式振动。因此,对施加到手持件的机械部件的相同的收缩力的施加导致这些部件以第一模式的异相纵向收缩振动,引起在远端纵向节点的远端的这些相同的部件进入以第二机械共振模式的异相纵向扩张振动。这些扩张振动由指向右边的箭头320表示。由于在扭转边界的远端存在螺旋槽154,这些纵向振动的一部分被转换成扭转振动。紧邻扭转边界,由弯曲箭头322表示的这些振动在顺时针方向上。在扭转节点的远端,由箭头324表示的这些振动在逆时针方向上。

[0096] 因此,在振动周期的第二阶段中的手持件的振动移动之和是在周期的第一阶段中的振动移动的部分逆。再次,彼此异相的纵向振动相互抵消。这就是为什么存在尖端的实质上最小的纵向移动。与两个机械共振模式相关联的扭转振动是同相的。这就是为什么尖端142参与扭转移动(扭曲)。如弯曲箭头326和328相对于弯曲箭头314、316、322和324的长度所表示的,该扭曲在幅值上大于归因于手持件想要以机械共振模式中的单个机械共振模式振动的倾向引起的扭曲。

[0097] 因此,当纵向机械抵消频率的驱动信号被施加到驱动器36时,手持件机械部件被驱动为以如下模式振动,其中存在头部的实质扭转、扭曲、振动同时具有(如果有的话)轴144和尖端头部164的最小纵向移动。

[0098] 通过初始参考图12,可以理解,被施加到驱动器36以便使手持件以纵向机械抵消频率振动的驱动信号的特性。该图表示流过手持件的部件的电流。可以认为驱动信号的电

流 $i_s$ 通过三组部件并联施加。第一组部件包括驱动器36本身。通过这些部件的阻抗 $Z_0$ 基本上是驱动器的电抗:

$$[0099] \quad Z_0 = \frac{1}{j\omega C_0} \quad (2)$$

[0100] 出于本发明的目的,驱动器电容是恒定的。因此,影响驱动器阻抗的唯一变量是 $\omega$ ,即驱动信号的弧度频率。

[0101] 施加驱动信号电流 $i_s$ 的第二组部件是手持件的机械部件,其使手持件以第一机械共振模式振动。可以理解,该电流不是实际电流。相反,该电流是流过这些部件的电流以引起这些部件的机械振动的机械等效值。这些部件包括驱动器36、柱44、近端块46、角状物48和尖端142。再次,套筒170是机械负载的施加手持件的其他机械部件的振动的一部分。因此,应当理解,套筒170不是电流的机械等效值流过的部件之一。

[0102] 在图12中,该电流的机械等效值是 $i_1$ ,因为它与第一机械共振模式相关联,手持件的振动更具体地是手持件的电流的第一共振模式机械等效值。施加该机械等效值的阻抗 $Z_1$ 具有:归因于当以第一机械共振模式振动时手持件机械部件的电阻特性的电阻分量 $R_1$ ;归因于当以第一机械共振模式振动时手持件机械部件的电感特性的感应电阻分量 $L_1$ ;以及归因于当以第一机械共振模式下振动时手持件机械部件的电容特性的电容电抗分量 $C_1$ 。因此,该阻抗 $Z_1$ 基于以下等式来计算:

$$[0103] \quad Z_1 = R_1 + j\omega L_1 + 1/j\omega C_1 \quad (3)$$

[0104] 随着手持件机械部件的负载变化,这些部件的电阻特性、电感特性和电容特性也变化。这就是为什么在图12中, $R_1$ 、 $L_1$ 和 $C_1$ 被示为变量。

[0105] 施加驱动电流 $i_s$ 的一部分的第二组部件是手持件的使手持件以第二机械共振模式振动的机械部件。该部分的电流(电流 $i_2$ )可以被认为是通过手持件的电流的第二共振模式机械等效值。施加电流 $i_2$ 的机械等效值的阻抗 $Z_2$ 具有:归因于当以第二机械共振模式振动时手持件机械部件的电阻特性的电阻分量 $R_2$ ;归因于当以第二机械共振模式振动时手持件机械部件的电感特性的感应电抗分量 $L_2$ ;以及归因于当以第二机械共振模式振动时手持件机械部件的电容特性的电容电抗分量 $C_2$ 。因此,该阻抗基于以下等式来计算:

$$[0106] \quad Z_2 = R_2 + j\omega L_2 + 1/j\omega C_2 \quad (4)$$

[0107] 如上所述,施加手持件的机械部件的负载的变化导致手持件的电阻特性、电感特性和电容特性的变化。因此,在图12中, $R_2$ 、 $L_2$ 和 $C_2$ 被示为变量。

[0108] 在数学上,并且根据基尔霍夫电流定律,驱动信号电流 $i_s$ 的上述分解因此可以被分解如下:

$$[0109] \quad i_s = i_0 + i_1 + i_2 \quad (5A)$$

[0110] 重新排列公式(5A)会产生以下关系:

$$[0111] \quad i_1 + i_2 = i_s - i_0 \quad (5B)$$

[0112] 这意味着通过手持件的机械部件的电流的机械等效值等于驱动信号的电流与通过驱动器36的电流之间的差。给定等式(2),

$$[0113] \quad i_0 = jV_s 2\pi f C_0 \quad (6)$$

[0114] 这里 $f$ 是驱动信号的角频率。

[0115] 将等式(6)代入等式(5B)得到以下结果:



$$[0116] \quad i_1 + i_2 = i_s - jV_s 2\pi f C_0 \quad (7)$$

[0117] 纵向机械抵消频率高于第一机械共振模式的共振频率。因此,当处于纵向机械抵消频率的驱动信号被施加到手持件时,由于  $j\omega L_1$ ,阻抗  $Z_1$  主要是感应的。纵向机械抵消频率低于第二机械共振模式的共振频率。因此,当处于纵向机械抵消频率的驱动信号被施加到手持件时,由于  $1/j\omega C_2$ ,阻抗  $Z_2$  主要是电容性的。这意味着当处于纵向机械抵消频率的驱动信号被施加到驱动器36时,阻抗  $Z_1$  与阻抗  $Z_2$  异相  $180^\circ$ 。因此,  $Z_1$  和  $Z_2$  的电抗分量基本上彼此抵消。这意味着当处于纵向机械抵消频率的驱动信号被施加到手持件时,  $Z_1$  和  $Z_2$  的并联阻抗是纯电阻性的。

[0118] 在纵向机械抵消频率,如在任何频率,驱动器36的阻抗  $Z_0$  是纯电容性的。

[0119] 当处于纵向机械抵消频率的驱动信号被施加到驱动器时存在上述阻抗意味着当手持件处于这种状态时,电流  $i_0$  与电流的机械等效值  $i_1 + i_2$  之间的相位角为  $90^\circ$  异相。

[0120] 由于通过手持件的电流和电流的机械等效值两者都具有幅值和相位,所以这些电流可以以极性形式表示:

$$[0121] \quad i_0 = Ae^{j\Theta_{i_0}} \quad (8)$$

[0122] 以及

$$[0123] \quad i_1 + i_2 = Be^{j\Theta_{i_1+i_2}} \quad (9)$$

[0124] 将  $i_0$  除以  $i_1 + i_2$ , 当它们异相  $90^\circ$  时, 会产生以下结果:

$$[0125] \quad \frac{i_0}{i_1 + i_2} = \frac{Ae^{j\Theta_{i_0}}}{Be^{j\Theta_{i_1+i_2}}} = \frac{Ae^{j\Theta_{i_0}}}{Be^{j(\Theta_{i_0}-\pi/2)}} = \frac{A}{B} e^{j\pi/2} \quad (10A)$$

[0126] 将等式 (8A) 的右侧转换为矩形数字可得到以下结果:

$$\frac{i_0}{i_1 + i_2} = \frac{A}{B} \cos(\pi/2) + j \frac{A}{B} \sin(\pi/2) \quad (10B)$$

$$[0127] \quad = j \frac{A}{B} \quad (10C)$$

[0128] 等式 (10C) 的最终结果是基于以下事实:  $90^\circ$  的余弦为零,  $90^\circ$  的正弦为1。

[0129] 上述结果意味着,当驱动信号处于纵向机械抵消频率时,流过驱动器36的电流与通过手持件的机械部件的电流的机械等效值的比率的实部等于零。在数学上:

$$[0130] \quad \operatorname{Re} \left\{ \frac{i_0}{i_1 + i_2} \right\} = 0 \quad (11A)$$

[0131] 将等式 (5) 和 (7) 代入等式 (11A) 意味着当驱动信号处于纵向机械抵消频率时,

$$[0132] \quad \operatorname{Re} \left\{ \frac{j V_s 2\pi f C_0}{i_s - j V_s 2\pi f C_0} \right\} = 0 \quad (11B)$$

[0133] 等式 (11B) 的前件和后件与现有技术等式 (1) 的前件和后件相同。将驱动信号施加到手持件之间存在差异,从而使尖端头部164经历同时纵向振动和实质上扭转的振动。当想要驱动手持件以引起尖端头部164中的同时的扭转振动和纵向振动时,目标频率是与尖端的机械共振模式中的一个相关联的共振频率。通常,这是与第一机械共振模式相关联的共振频率。相反,当根据本发明向手持件施加驱动信号时,目标频率是尖端142的纵向机械抵消频率。该频率在由尖端存储器的字段196和198中的数据定义的频率范围内。

[0134] 两个系统之间的第二个差异是本发明的系统的比率的极性与等式 (1) 的比率的极

性相反。其原因在于,当调节驱动信号使得手持件处于机械共振模式时,施加到驱动器的电流与施加到手持件的电流的机械等效值之间的关系与频率的斜率是正的。这意味着通过使等式(1)的比率为负,如果系统状态的评估产生负结果,则控制器将系统解释为处于这样的状态,其中为了将驱动信号施加到处于共振模式的共振频率的手持件,有必要增加驱动信号的频率。相反,如果等式(1)的评估产生正数,则控制器将系统解读为处于这样的状态,其中为了将驱动信号施加到处于共振模式的共振频率的手持件,有必要降低驱动信号的频率。

[0135] 相反,当根据本发明调节系统时,为了将处于纵向机械抵消频率的驱动信号施加到手持件,在施加到驱动器的电流与施加到手持件的电流的机械等效值之间的关系与频率的斜率是负的。如上所述,等式(11B)的比率与等式(1)的比率具有相反的极性。这意味着如果对本发明的系统状态的评估产生正结果,则处理器266将系统30解读为处于这样的状态,其中将处于纵向机械抵消频率的驱动信号施加到处于共振模式的共振频率的手持件,有必要增加驱动信号的频率。相反,如果等式(11B)的评估产生负数,则处理器266将系统解读为处于这样的状态,其中为了将驱动信号施加到处于纵向机械抵消频率的手持件,有必要降低驱动信号的频率。

[0136] 根据上文还应当理解,通过手持件的机械部件的电流的总机械等效值等于通过手持件的电流的机械等效值的总和。在数学上,

$$[0137] \quad i_M = i_1 + i_2 \quad (12)$$

[0138] III. 实际操作

[0139] 本发明的系统30的操作始于将尖端142耦合到手持件32。套筒170被装配在尖端上并且还附接到手持件32上。线缆228被附接到控制台230。然后准备接通控制台230。上述子步骤形成系统的初始装配和激活,即图13A中的步骤332。当控制台230最初被接通时,处理器266读取存储于手持件存储器56和尖端存储器184中的数据,即步骤334。处理器266通过向存储器读取器262断言适当的命令来接收这些数据。

[0140] 基于读取的数据,在步骤336中,处理器完成系统的初始配置。步骤336包括执行多个评估以确定系统30是否被正确配置以供使用。这些评估包括:确定手持件是否是控制台230可以向其提供驱动信号的手持件;以及确定尖端142是否是适合于由手持件致动的尖端。这些评估可以基于来自手持件识别字段62和尖端识别字段188的数据。处理器266还基于来自手持件使用历史字段78和尖端使用历史字段218的读取数据来评估手持件32和尖端142是否处于供使用的状态。指示使用可能不合适的数据的示例是指示特定部件(手持件或尖端)已被使用多次或超过该部件的设计生命周期的总时间的数据的示例。

[0141] 基于手持件存储器56中的数据,尖端存储器184和从业者命令,处理器在步骤338中建立流过手持件的机械部件的电流的选择的最大等效值 $i_M^{\text{选择最大值}}$ 。电流 $i_M^{\text{选择最大值}}$ 被理解为不大于从尖端存储器184读取的电流的最大机械等效值 $i_M^{\text{MAX}}$ 。

[0142] 步骤340表示处理器266等待确定控制构件是否已被致动以指示尖端142将被振动。在本发明的所述实施例中,处理器266通过监测由脚踏开关270输出的信号来执行步骤340。当从业者想要致动尖端142时,他/她按下脚踏开关270。尖端头部振动的幅值由从业者控制脚踏开关270被按下的程度来设置。

[0143] 响应于从业者按下控制构件,处理器在步骤342中计算目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ ,有时称为电流的目标机械等效值。目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ 是处理器确定应当被施加到手持件32的机械部件的机械电流。目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ 基于从手持件存储器取回的电流 $i_M^{\text{MAX}}$ 以及脚踏开关270被按下的程度。可以使用一阶方程来计算目标电流:

$$[0144] \quad i_M^{\text{目标}} = D i_M^{\text{选择最大值}} \quad (13)$$

[0145] 系数D在0.0和1.0之间(包含首尾)。例如,如果从业者按下脚踏开关270以使手持件尖端164经历最大幅度的振动,则处理器266将系数D设置为一。如果脚踏开关270的设置指示振动将处于小于最大值的幅度,则处理器266将系数D设置为小于一的值。

[0146] 在步骤344中,处理器266然后生成初始WAVEFORM\_SET信号。该信号的电势被设置为使电源输出明显小于从手持件存储器58取回的最大驱动信号电压 $V_S^{\text{MAX}}$ 的驱动信号。例如,在本发明的一些版本中,将WAVEFORM\_SET信号的电势设置为使得输出的驱动信号具有在电压 $V_S^{\text{MAX}}$ 的0.02和0.10之间的电势。更具体地,将WAVEFORM\_SET信号设置为使驱动信号的电压为电压 $V_S^{\text{MAX}}$ 的0.03和0.07之间的电势。在WAVEFORM\_SET信号的电压与驱动信号的驱动信号电压 $V_S$ 之间的关系通常是一阶关系。根据目标驱动信号电压对WAVEFORM\_SET信号的电压的确定是基于目标驱动信号电压的电势以及先前存储在处理器96中的系数和偏移值的。

[0147] 作为步骤344的一部分,处理器266还建立WAVEFORM\_SET信号的频率。当控制构件最初被按下以致动手持件时,处理器266将WAVEFORM\_SET信号的频率设置为处于最小可能的纵向机械抵消频率(来自尖端存储器184的字段196的频率)以及最大可能的机械抵消频率(来自尖端存储器的字段198的频率)之间。虽然没有特别说明,但是在步骤342中,处理器344向电源232、放大器234和控制台230内部的任何安全部件断言任何必要的使能信号。这些信号的断言确保电源232将必要的轨道信号输出到放大器,放大器234将预期信号施加在变压器初级绕组244上。驱动信号被诱导以发展在次级绕组248上。

[0148] 由于信号流过变压器238,所以驱动信号被施加到手持件32。这导致驱动器36的循环扩张/收缩。由于驱动器以手持件的第一机械共振模式和第二机械共振模式之间的频率振动,所以手持件本身参与以这两种共振模式的的同时的异相振动。这导致尖端在扭转边界的远端的部分参与实质上扭转的振动中,并且仅在名义上在所有纵向上。

[0149] 然后,系统30参与反馈控制过程以确保输出驱动信号引起尖端头部164中的适当幅度和方向的振动。为了执行该控制,在步骤346中,控制台230监测跨手持件的驱动信号的电压 $V_S$ 。具体地,在步骤346中,表示由电压测量电路252输出的驱动信号电压 $V_S$ 的信号被施加到处理器266。同样在步骤346中,控制台230监测电流 $i_S$ ,即被提供到手持件32的驱动信号的电流。步骤346的该部分是将由电流测量电路256产生的输出信号施加到处理器266。

[0150] 在步骤348中,处理器96确定施加到该计算的电流的总机械等效值 $i_M$ 是基于等式(7)和(12)的组合的。处理器266能够进行该确定,因为它具有定义该确定所基于的四个变量的数据:来自电流测量电路256的电流 $i_S$ ;基于处理器设置驱动信号的频率的事实频率 $\omega$ ;来自电压测量电路252的电压 $V_S$ ;以及驱动器电容 $C_0$ 。虽然驱动器电容 $C_0$ 是变量,但在等

式(7)中,它是固定的,并且是从手持件存储器56读取出的已知变量。

[0151] 在步骤350中,将电流的总机械等效值 $i_M$ 与电流 $i_M^{\text{目标}}$ 进行比较。更具体地,进行该比较以确定流过手持件的机械部件的实际电流是否等于或实质上与目标流量相同。这里,实质上相同被认为是当电流在彼此的20或更小mA之内并且更常见的是距彼此10或更小mA(优选地为2mA或更小,更优选地为1mA或更小)时的状态。备选地,如果电流在彼此的10%或更小之内,更优选在彼此的5%或更小之内,并且理想地在彼此的1%或更小之内,则可以认为电流实质上相同。

[0152] 如果电流实质上相等,则系统30处于这样的状态,其中施加到手持件的机械部件的电流的等效值处于这样的水平:在该水平处,假定对处于正确频率处的驱动信号的施加引起尖端头部52中的适当幅度的振动。如果系统30处于该状态,则处理器96进入步骤164。

[0153] 在许多情况下,步骤350的比较指示电流的总机械等效值 $i_M$ 并非实质上等于目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ 。当系统30处于这种状态时,处理器96在步骤352中重置WAVEFORM\_SET信号的电压。更具体地,处理器96基于等式(7)来计算驱动信号电压 $V_s$ 的值,这将导致通过手持件的机械部件的经调节的电流实质上等于目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ 。基于驱动器电容和驱动信号频率保持恒定来执行步骤352的该计算。

[0154] 未识别的步骤是,由于WAVEFORM\_SET信号的电压的重置,放大器重置施加在变压器初级绕组244上的信号的电势。这导致在变压器次级绕组248上出现的驱动信号电压 $V_s$ 的变化。

[0155] 在步骤356中,处理器确定驱动信号的频率是否处于或实质上等于手持件的纵向机械抵消频率。通过评估等式(11B)的比率是否等于或实质上等于零来进行该确定。这里,实质上等于零意味着该比率的实部为0.10或更小,优选0.05或更小,更理想地0.01或更小。

[0156] 步骤356的比较可以指示施加到手持件的驱动信号处于或实质上等于手持件的纵向机械抵消频率。这是驱动信号的目标状态。这意味着驱动信号引起驱动器36的扩张/收缩,这导致尖端的在扭转边界的远端的部分参与实质扭转振动和(如果有的话)最小纵向振动。

[0157] 可以在步骤356的评估中确定驱动信号没有在纵向机械抵消频率或附近被施加到手持件。如果处理器266做出该确定,则在步骤358中,处理器重置WAVEFORM\_SET信号的频率,即步骤358。如果步骤356的评估的结果为负,则处理器266认为系统处于这样的状态:由于等式(11B)的左侧的比率为负,所以在步骤358中,处理器266将系统30解读为处于应当减小驱动信号的频率的状态。如果步骤356的计算产生正结果,则处理器96认为系统30处于有必要增加驱动信号的频率以确保驱动信号频率更接近手持件的纵向机械抵消频率的状态。

[0158] 在步骤358中,处理器假定电流 $i_s$ 、电压 $V_s$ 和驱动器电容 $C_0$ 是恒定的。在迭代过程中,将不同的频率注入等式(11B)。作为等式(11B)的新执行的结果,可以确定流过驱动器的电流与施加到手持件的机械部件的电流的等效值的比率的实部小于(或者实质上小于)零。如果存在这种情况,则在下一次迭代中,注入的频率将小于先前注入的频率。作为等式(11B)的执行和评估的结果,可以确定该比率大于(或实质上大于)零。如果存在这种情况,则在下一次迭代中,注入的频率将大于先前注入的频率。如果计算的最终结果是比率为零

或实质上为零,则将驱动信号的频率设置为注入的频率。然后,处理器266基于这些计算的结果来调节输出到放大器234的WAVEFORM\_SET信号的频率。然后,控制台230转而向手持件输出处于手持件32的纵向机械抵消频率的驱动信号。

[0159] 虽然未示出,但应理解,施加到手持件32的驱动信号的特性受从手持件读取的边界参数的限制。具体地,限制WAVEFORM\_SET信号的调节以确保驱动信号不超过由最大电压水平 $V_S^{MAX}$ 指定的电势。WAVEFORM\_SET信号的调节进一步受到限制,以确保施加到手持件的驱动信号的电流不超过 $V_S^{MAX}$ 并且电流的机械分量不超过 $i_M^{MAX}$ 。

[0160] 还应理解,在步骤352和358中发生的对WAVEFORM\_SET信号的电压和频率的调节是基于从手持件存储器56和尖端存储器184读取的PID系数的。通常,尖端存储器184中的系数是调节WAVEFORM\_SET信号的这些特性所基于的系数。

[0161] 在图13A和13B中,在执行步骤356之后,或者如果有必要的话在步骤358之后,系统被示出为循环回到步骤340。这是因为只要系统保持致动,通常就执行重新计算目标电流 $i_M^{目标}$ 并选择性地调节驱动信号的电势和频率的过程。

[0162] 控制循环被重复执行的原因有很多。通常,应理解的是,如果由于对驱动信号的频率的调节,则手持件的机械部件的驱动器阻抗 $Z_0$ 以及阻抗 $Z_1$ 和 $Z_2$ 两者的阻抗都将发生变化。这导致流过手持件的电流的变化,更具体地,通过手持件的机械部件的电流的总机械等效值 $i_M$ 。系统30将这些变化检测为测量值 $V_S$ 和 $i_S$ 的变化。因此,在执行步骤356或358之后,步骤350的下一次评估将很可能指示系统处于电流的总机械等效值 $i_M$ 已从目标电流 $i_M^{目标}$ 移变的状态。这将需要重新执行步骤352以调节驱动信号的电压的幅值。

[0163] 类似地,对驱动信号的电势的调节也将导致电压 $V_S$ 和电流 $i_S$ 的变化。这意味着在下一次执行步骤164时,评估将指示驱动信号不再处于手持件的机械部件的纵向模式抵消频率。

[0164] 在多次循环通过控制回路之后,控制台266断言驱动信号,其导致流过手持件的机械部件的电流实质上等于 $i_M^{目标}$ 并且处于手持件机械部件的纵向模式抵消频率。在启动时,假设尖端头部并非抵靠组织施加,则认为本系统在2秒或更短时间(更常见的是1秒或更短)内达到该状态。

[0165] 控制回路被连续执行的另一原因与如何采用手持件32的本质有关。为了使手持件起作用,头部164抵靠组织被放置(步骤未示出)。这是因为它是齿抵靠组织的来回运动,其导致对组织进行锯、消融、乳化,共同移除组织。同样,在本发明的一些实施方式中,这种来回运动导致邻近组织的流体的空化并且在一些情况下导致组织本身的空化。

[0166] 当头部164抵靠组织被放置时,机械负载被放置在形成手持件的部件上。该机械负载改变了手持件的机械部件的阻抗。这里,阻抗被理解为与手持件的第一机械共振模式和第二机械共振模式两者相关联的阻抗。而且,当系统30被致动时,手持件的机械部件的温度通常改变。部件温度的这种改变导致这些部件的阻抗的变化。部件特性的改变可以导致手持件的纵向机械抵消频率的移变。

[0167] 得到的阻抗和纵向机械抵消频率的变化导致通过手持件的电流 $i_S$ 和电流的总机械等效值 $i_M$ 的变化。因此,控制回路的连续执行确保了当阻抗发生这些变化时,驱动信号被

重置以确保电流的机械等效值实质上等于目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ 并且驱动信号的频率实质上等于手持件的机械部件的纵向机械抵消频率。保持驱动信号的特性接近这些目标参数确保了当尖端头部52被暴露于其的机械负载改变时,头部的振动的幅度保持实质上恒定,并且尖端头部164和轴44的邻近远端区段160不参与实质纵向移动。

[0168] 此外,在手持件32被致动的时段期间,从业者可能想要调节尖端头部振动的幅度。通过重置控制构件270来进行该调节。(未示出调节)。一旦发生这种调节,在步骤148的后续执行中,新计算出的目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ 将不同于先前计算出的目标电流。这转而将很可能意味着,作为步骤350的下一次执行的结果,将确定电流的机械等效值 $i_1+i_2$ 不再实质上等于目标电流 $i_M^{\text{目标}}$ 。由于上述原因,这将很可能导致对驱动信号的电势和频率的调节。

[0169] 因此,只要脚踏板270或其他接通/断开控制保持致动,就连续执行从步骤340的评估开始的上述控制回路。从业者通过释放脚踏板270来停用手持件。这导致处理器在步骤340的后续执行之一中接收该控制构件处于断开位置中的信号。响应于处理器266接收到该信号,处理器取消对被断言的信号的施加,以便引起对驱动信号的输出(步骤未示出)。系统30返回到等待状态,连续监测来自接通/断开控制构件的信号,以确定从业者是否想要致动手持件32。

[0170] 应当理解,在致动手持件之后,最终将成为不再需要将振动尖端头部164施加到组织的时间。从业者停止按下控制部件(脚踏开关270)。处理器266在随后执行步骤340时检测到该事件的发生。当该事件发生时,处理器取消对WAVEFORM\_SRT信号的施加(步骤未示出)。这导致控制台停止将驱动信号施加到手持件驱动器36。这导致尖端142的振动的终止。处理器266继续重复地执行步骤340,以确定从业者是否再次想要使尖端振动,控制构件270再次被致动。

[0171] 本发明的系统30被构造为使得由于对步骤356和358的重复执行,本系统将驱动信号保持在实质上等于手持件32的纵向机械抵消频率的频率。当手持件机械部件的共振频率由于这些部件的机械加载和/或温度变化而改变时,保持这种关系。

[0172] 即使当手持件的尖端和其他部件经受机械加载或经历温度变化时,本发明的系统30也能够以所需的幅度使尖端的头部振动。这减少了手术人员使用该系统必须连续调节驱动信号以确保尖端头部连续地以所需的幅度振动的需要。

[0173] 此外,在流程的过程中,尖端头部可能突然压向组织。这导致手持件的机械部件的阻抗快速显著增加。响应于阻抗的这种快速变化,本发明的系统30快速调节驱动信号的电势和频率。对驱动信号的这些特性的调节用于确保尖端头部振动保持所需的幅度。这减小了手持件的突然机械加载导致尖端头部振动的幅度突然减小的程度。

[0174] 通过将处于纵向机械抵消频率的驱动信号施加到手持件,本发明的系统30引起尖端142中的实质上扭转的振动。尖端轴144参与(如果有任何纵向振动移动的话)最小的纵向振动移动。在流程的过程中,轴144可以压向与尖端头部164抵靠其施加的组织相邻的组织,以便于对尖端头部的放置。由于轴144仅参与最小的纵向移动,所以同样实质上(如果不是完全的话)消除了该移动可能引起空化的可能性,该空化将导致不希望地移除轴压向的组织。

[0175] 同样应当理解,该系统不需要处理器266将手持件32和尖端142的特性与控制台230内部的部件的电容、电阻或电感相匹配。因此,单个控制台230可以用于构造具有不同的手持件32和尖端142(每个具有它们自己的阻抗特性)的本发明的系统30。基于从手持件存储器56和尖端存储器184读取的数据,控制台针对每个手持件和尖端组件对系统30进行配置。类似地,手持件和尖端可以与不同的控制台一起使用,以装配本发明的系统30。

[0176] 应当类似地理解,在本发明的上述版本中,多个不同的尖端142(每个尖端具有其自身的纵向机械抵消频率)可以被附接到单个手持件32并随后由该单个手持件驱动。本发明的该特征的一个优点在于,多个不同类型的尖端可以被附接到共同的手持件上,每个尖端具有自己的物理结构并因此具有纵向机械抵消频率。该特征的第二个优点是使得能够在制造后评估每个尖端以确定该尖端的纵向机械抵消频率。这意味着用于为该尖端提供驱动信号的每个尖端的数据解释了各个尖端之间的制造变化。同样,与基本设计或制造变化不同的两种类型的尖端可以由单个手持件驱动。这有利于提供本发明的系统,其不需要提供与相关联的尖端142一起使用的特别相关联的手持件的费用。

[0177] 本发明的系统30还被设计成将电流的机械等效值(其实质上等于目标电流)施加到手持件的机械部件上。该目标电流基于从业者对尖端头部振动的期望幅度的设置。因此,本发明的系统为从业者提供了一种控制尖端头部振动的幅度的相对准确的单元。

#### [0178] IV. 备选实施例

[0179] 以上涉及本发明的一个具体版本。本发明的备选版本可以具有与已经描述的特征不同的特征。

[0180] 例如,用于构建本发明的部件可以与所描述的部件不同。在本发明的一些版本中,手持件32和尖端142可以是单件单元。

[0181] 将纵向振动运动转换成扭转振动运动的与尖端集成的特征可以不总是螺旋槽。在本发明的一些版本中,这些特征可以是槽,但它们可以不是螺旋形的。备选槽结构的示例是斜槽。这两种槽之间的区别在于,螺旋槽具有沿着尖端从近端向远端延伸的纵向轴,围绕尖端的纵向轴弯曲。斜槽具有直线形状的纵向轴。

[0182] 除非在权利要求中出现,否则所述频率、电压、电流、电容和其他量化值仅被理解为示例,并不限制本发明的范围。

[0183] 控制台230可以包括生成在电势和频率上都变化的驱动信号的其他部件。根据这些部件的结构,控制台可以不包括变压器,在该变压器上施加输入信号以便产生驱动信号。类似地,在本发明的一些版本中,与电感器相反的电阻器电路可以并入控制台中,以便提供表示驱动信号电压 $V_s$ 和驱动信号电流 $i_s$ 中的一个或两个的信号。

[0184] 类似地,在本发明的一些版本中,控制台可以包括设置驱动信号的频率的第一电路和第二电路,设置驱动信号的电势的可变增益放大器。在本发明的这些版本中,处理器266。

[0185] 包含描述调节驱动信号的输出所需的手持件和尖端的特性的数据的存储器设备的类型可以与已经描述的内容不同。例如,这些存储器中的一个或多个可以是EEPROM、条形码或一些其他机器可读设备。在本发明的一些版本中,手持件和尖端中的一个或多个甚至可以没有存储器。在本发明的这些版本中,需要人员将手持件和尖端特性手动输入控制台,以便确保系统30被正确配置。

[0186] 控制台230设置驱动信号的电势和频率的一系列步骤可以类似地不同于所描述的内容。例如,在系统的备选配置中,控制台可以在设置驱动信号的电压之前首先设置该信号的频率。同样,取决于本发明的结构,控制台可以不通过设置单个WAVEFORM\_SET信号的对应特性来设置驱动信号的频率和电压。在本发明的一些版本中,为了调节实际生成驱动信号的部件的操作,处理电路可以生成两个控制信号。控制信号中的第一个用于设置驱动信号的电压。控制信号中的第二个用于设置驱动信号的频率。

[0187] 在本发明的所述版本中,控制台230被配置为最初将驱动信号设置为如下频率,该频率是针对尖端的最低可能纵向机械抵消频率。本发明的其他版本可以被配置为采用备选频率作为驱动信号的初始频率。例如,在本发明的一些版本中,驱动信号的初始频率可以是最高可能纵向机械抵消频率。备选地,可以将驱动信号设置为针对尖端的最低纵向机械抵消频率和最高纵向机械抵消频率之间的频率。在本发明的一些版本中,与尖端集成的存储器可以包括定义纵向驱动信号的初始频率设置的数据。

[0188] 在以上描述中,假设驱动器电容 $C_0$ 是恒定的。这是为了理解本发明。实际上,驱动器电容可能随时间漂移。这种漂移可以归因于诸如驱动器的老化的影响,或者在单个流程期间,驱动器的温度变化。因此,集成到本发明的系统中的一些控制台包括用于确定驱动器电容的单元。进行该确定的确切单元不是本发明的一部分。在流程期间,有时确定驱动器电容的这种单元用于提供驱动器电容 $C_0$ 的更新的测量值,以用于使用在用于确定电流的机械等效值的评估中。

[0189] 此外,本发明的系统可以被配置为基于从业者的偏好和正在执行的流程的细节向手持件施加驱动信号,其使尖端以三种状态之一振动。通过将第一组命令输入控制台,本系统将提供驱动信号以使尖端如上所述的实质上扭转地振动且具有(如果有的话)最小纵向振动。

[0190] 通过将第二组备选命令输入控制台230,本系统提供驱动信号,其使尖端以机械共振模式中的一个振动。为了使系统以该模式操作,基于尖端存储器184的定义当尖端以机械共振模式被振动时驱动信号的频率范围的字段194和195中的数据来设置驱动信号的频率。当如此设置控制台时,它将如在通过引用并入的PCT公开No.WO 2015/021216A1中所描述的那样操作。当系统以该模式操作时,应当理解,在扭转边界的远端,尖端轴14和尖端头部164将参与同时的纵向移动和扭转移动。如果认为尖端头部164的纵向移动和扭转移动将导致对组织的最佳移除并且轴144的纵向运动的影响是可容忍的,则从业者可能希望手持件以该模式操作。

[0191] 通过将第三组命令输入控制台230,本系统提供跨驱动器36的驱动信号,该驱动信号是以第一共振模式驱动尖端所需的驱动信号和以第二共振模式驱动尖端所需的驱动信号的组合。当如此设置控制台时,本系统如在通过引用并入的PCT申请No.PCT/US2015/044023中所描述的那样操作。在其中希望使尖端头部164参与非线性运动以便移除组织并且尖端头部的纵向运动的影响可容忍的情况下,从业者可能希望手持件以这种模式操作。

[0192] 为了使系统30能够以第三模式操作,尖端存储器将基本上包含字段194的两个版本和字段195的两个版本。在字段194和字段195的第一版本中,存储了定义第一机械共振模式的共振频率的范围的数据。字段194和195的第二版本存储了定义与第二机械共振模式相关联的共振频率的范围的数据。



[0193] 类似地,通过将第四组命令输入控制台,本系统可以被设置为提供处于机械共振模式之一的共振频率与纵向机械抵消频率之间的频率的驱动信号。因此,当本系统在该状态下操作时,存在尖端头部164和轴的邻近远端区段160的纵向运动的部分消除。如果对于给定的流程,将尖端头部164激励成使尖端主要参与扭转移动同时具有一些但不是完全的纵向移动的振动是合适的,则这种操作模式可能是期望的。

[0194] 可以存储在尖端存储器中的额外数据包括定义针对共振模式中的每个的电流的机械等效值的范围的数据。

[0195] 因此,所附权利要求的目的是覆盖落入本发明的真实精神和范围内的所有这样的变化和修改。

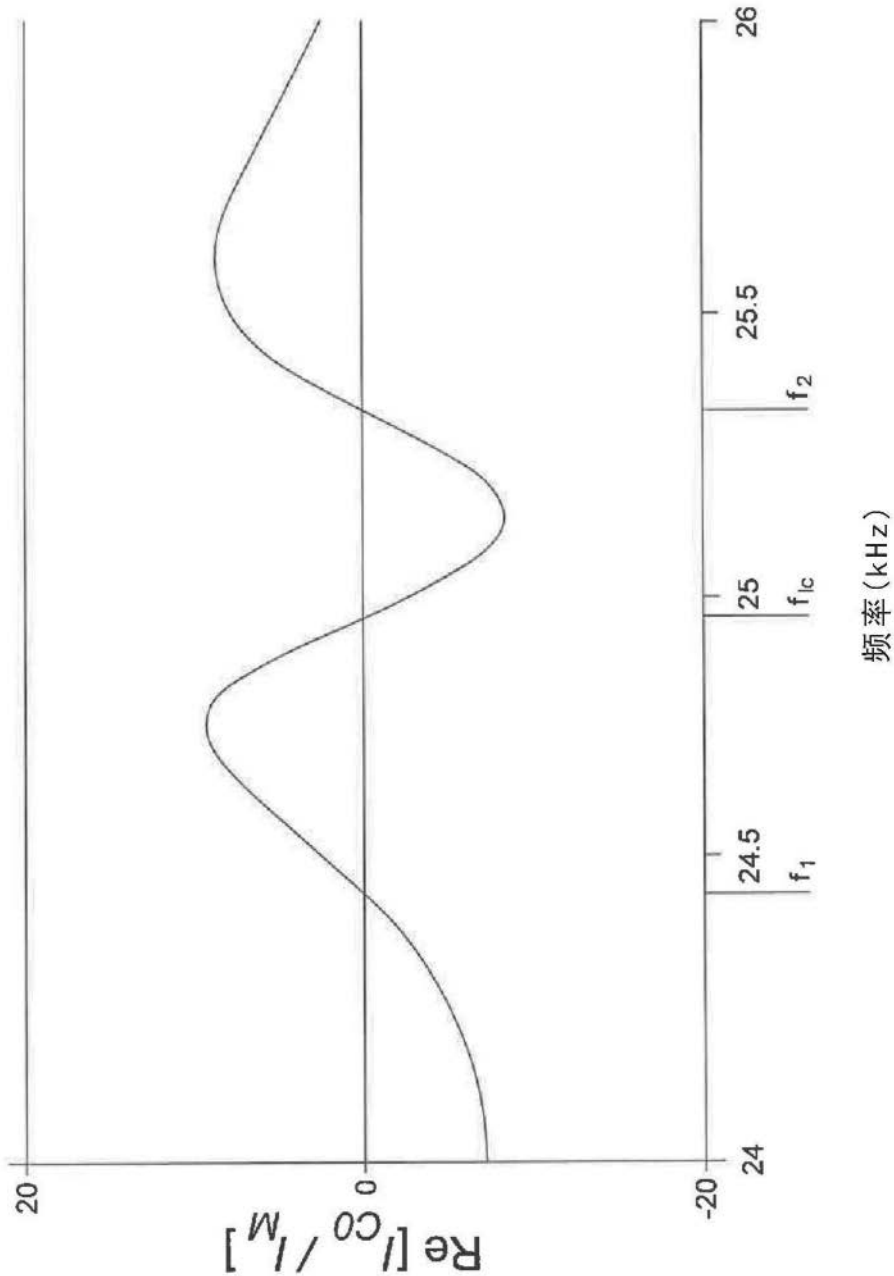


图1

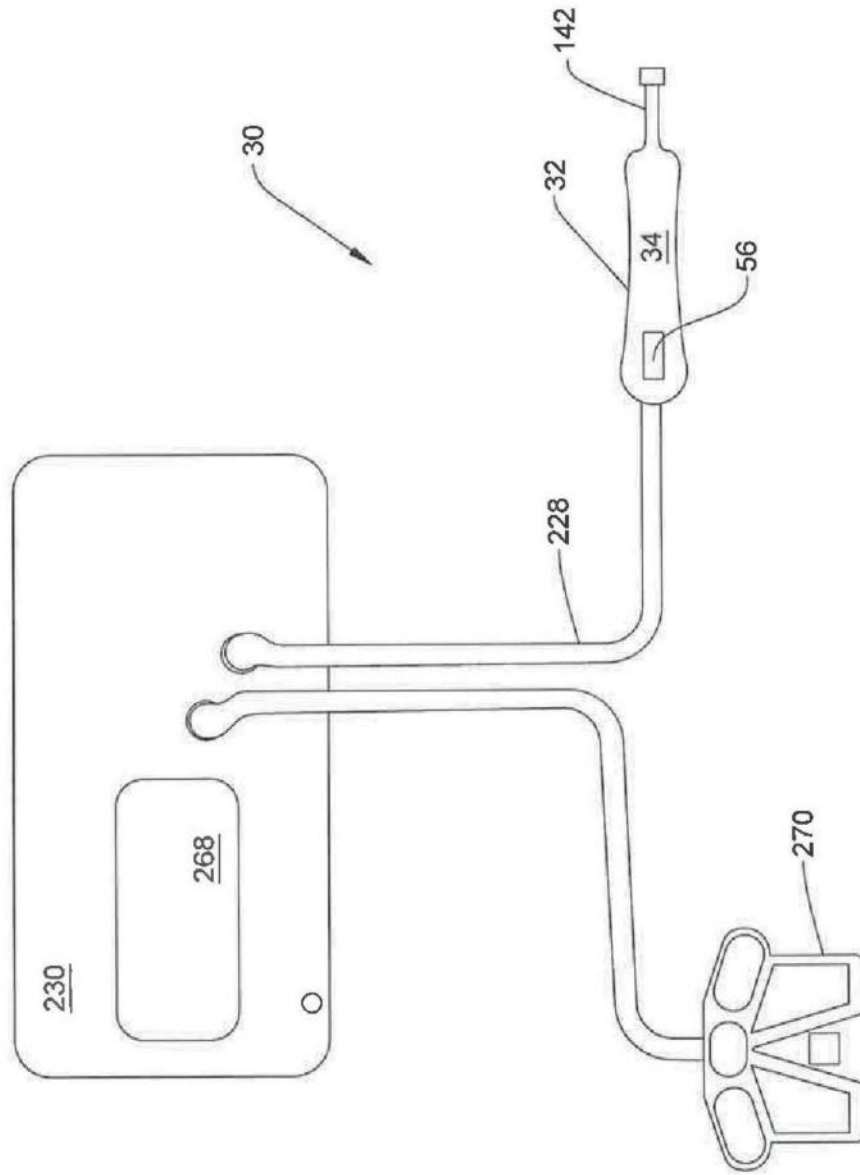


图2

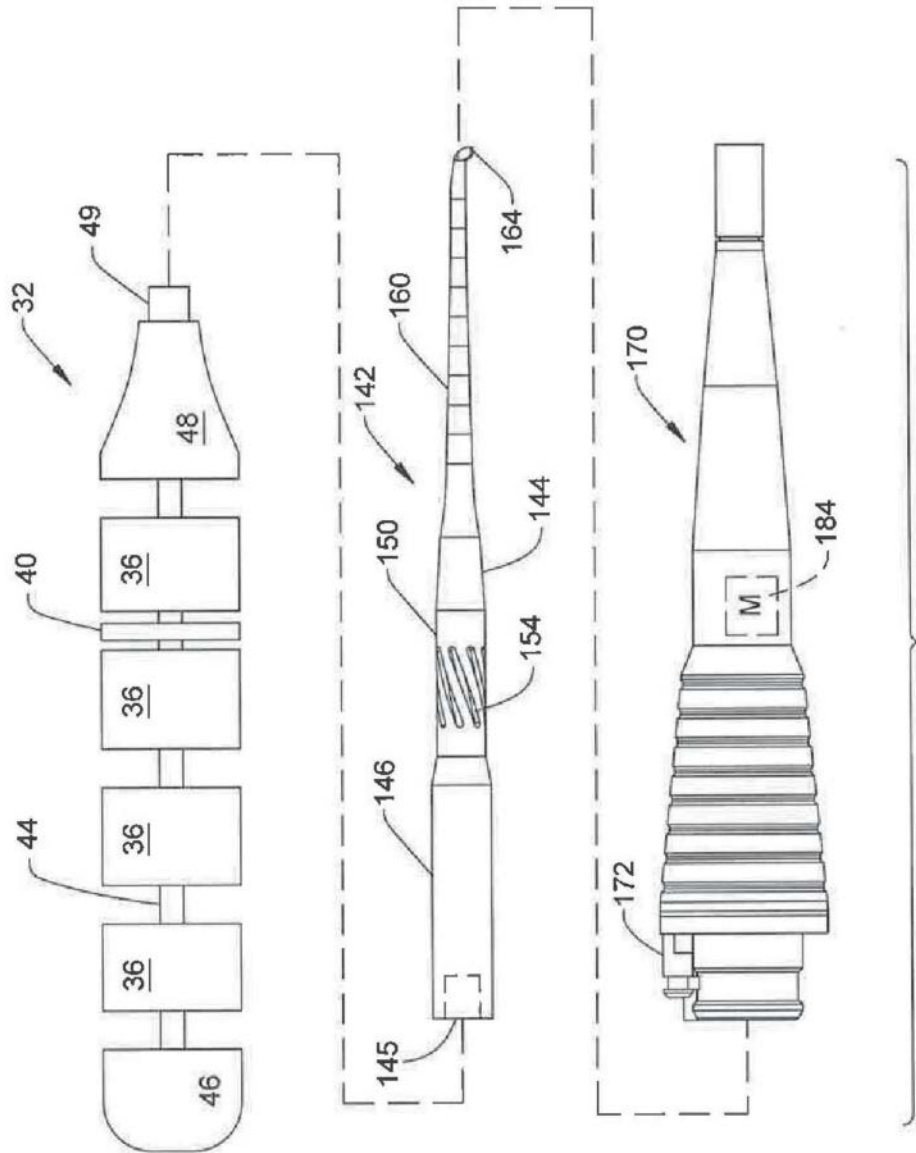


图3

图3

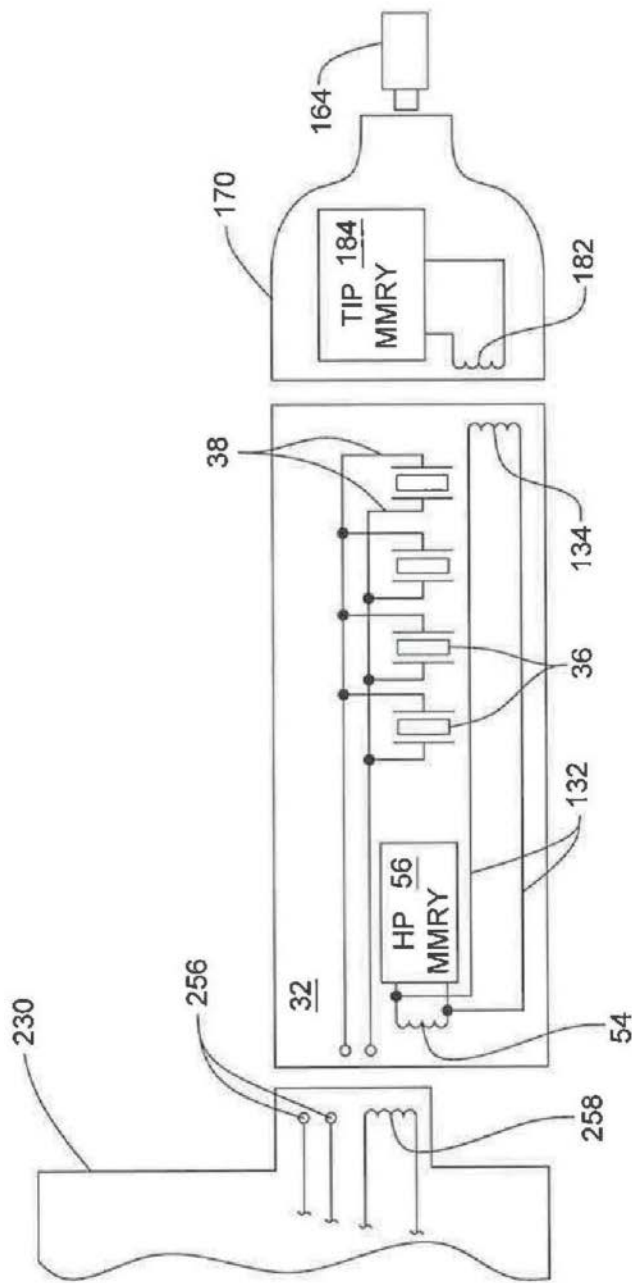


图4

56

HP ID数据	<u>62</u>
堆栈电容	<u>64</u>
电流 $i_S^{MAX}$	<u>66</u>
电流 $i_M^{MAX}$	<u>68</u>
电压 $V_S^{MAX}$	<u>70</u>
最小驱动频率	<u>72</u>
最大驱动频率	<u>74</u>
PID系数	<u>76</u>
Hp使用历史	<u>78</u>

图5

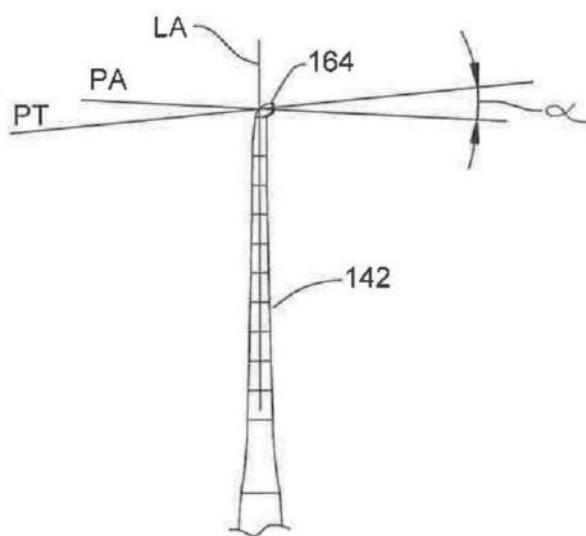


图8

184

尖端ID数据	<u>188</u>
电流 $i_M^{MAX}$	<u>190</u>
电势 $V_S^{MIN}$	<u>192</u>
电势 $V_S^{MAX}$	<u>193</u>
MIN MRM FREQ.	<u>194</u>
MAX MRM FREQ.	<u>195</u>
MIN LCM FREQ.	<u>196</u>
MAX LCM FREQ.	<u>198</u>
PID系数	<u>204</u>
尖端使用历史	<u>206</u>

图6

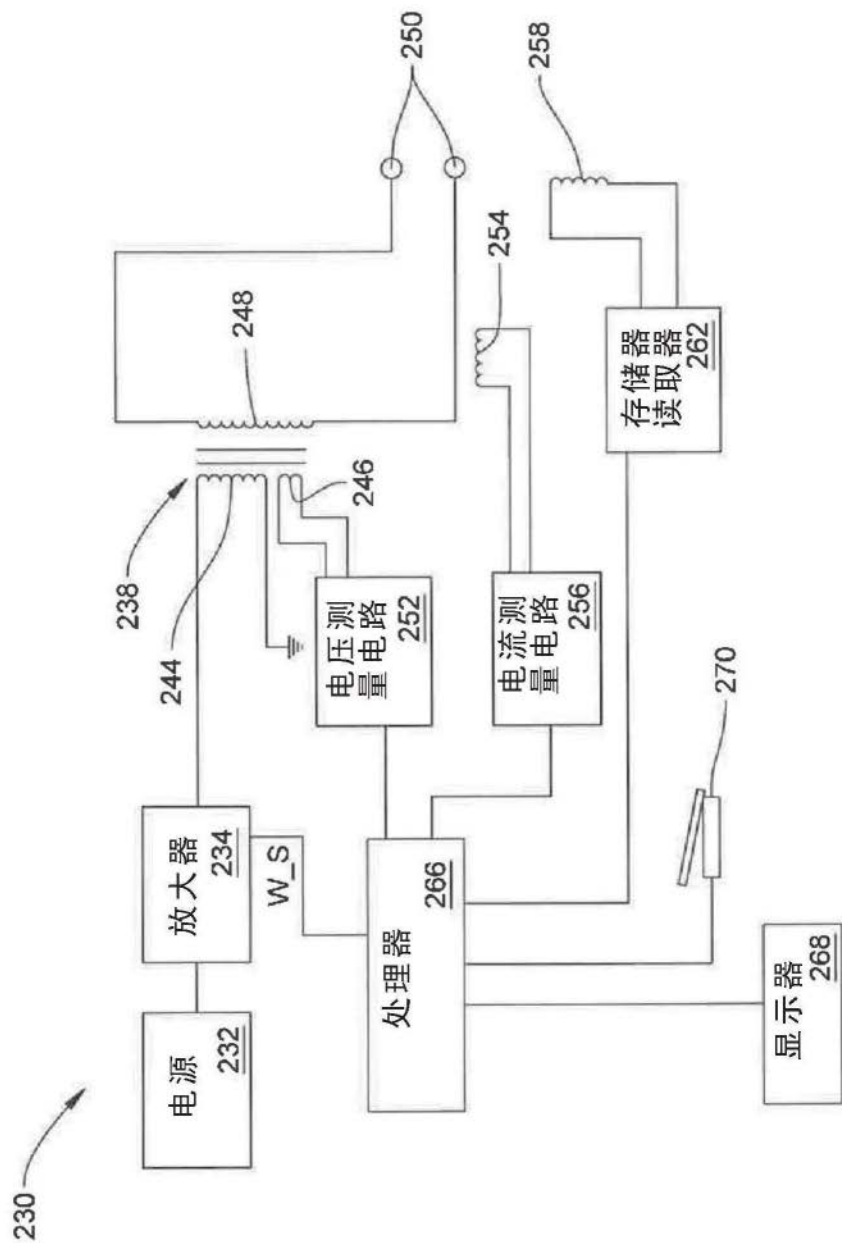


图7



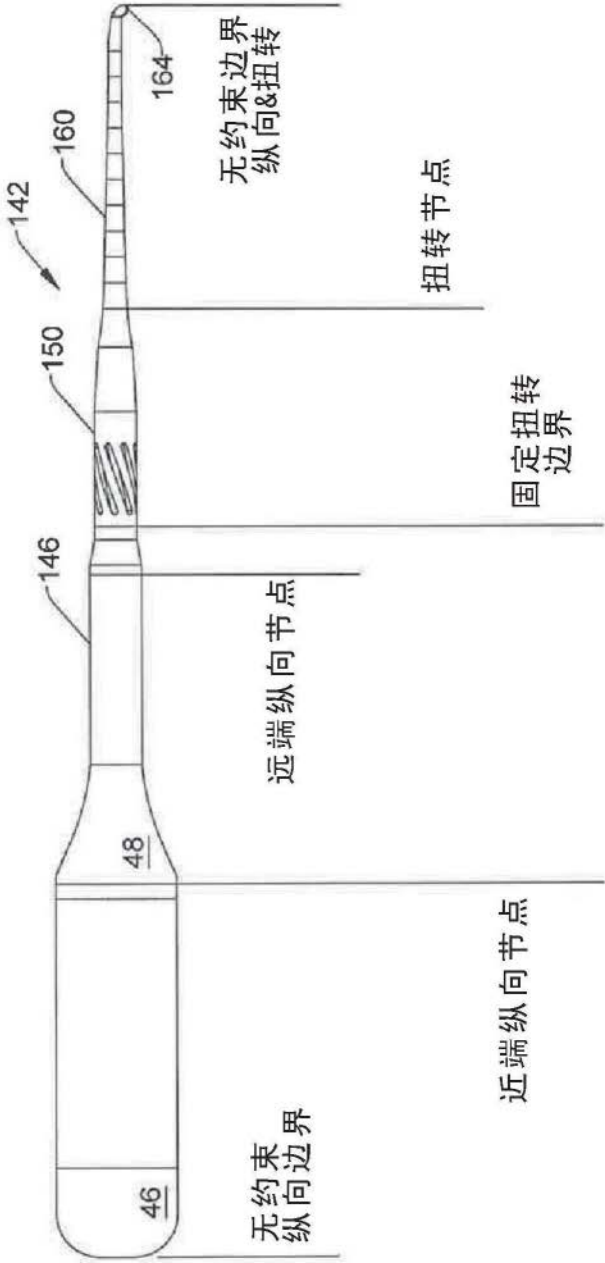


图9

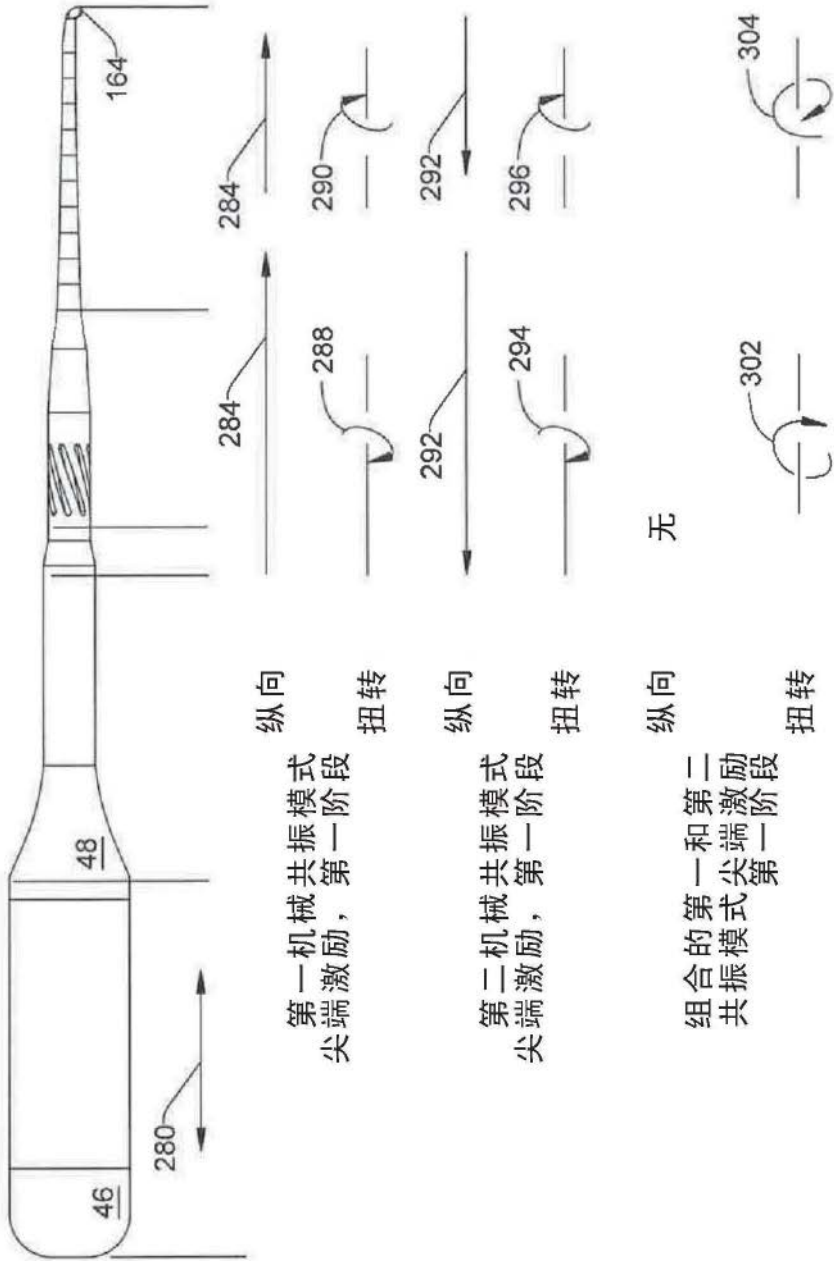


图10

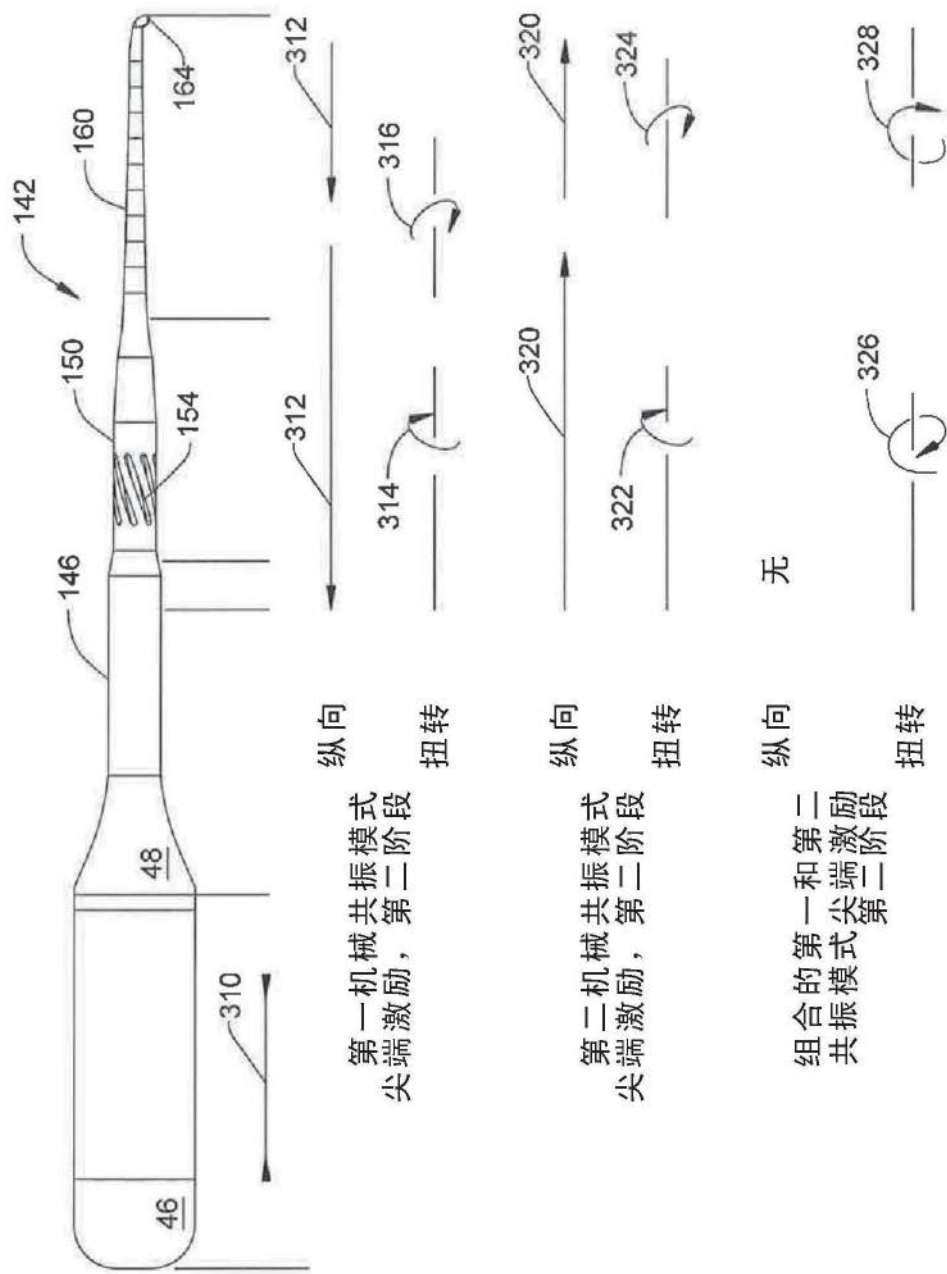


图11

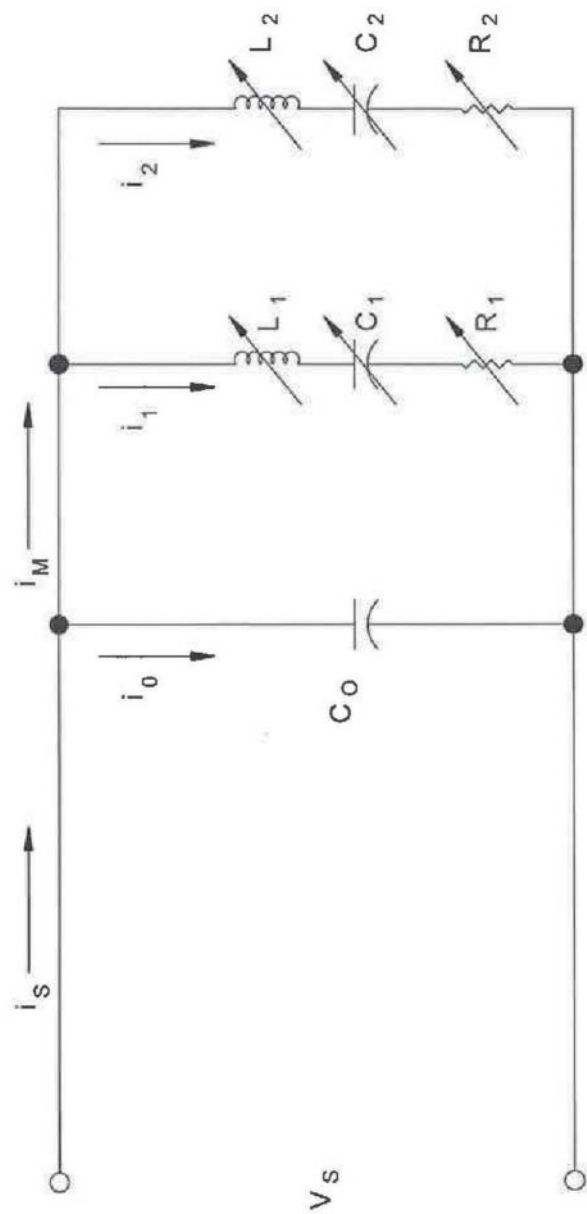


图12

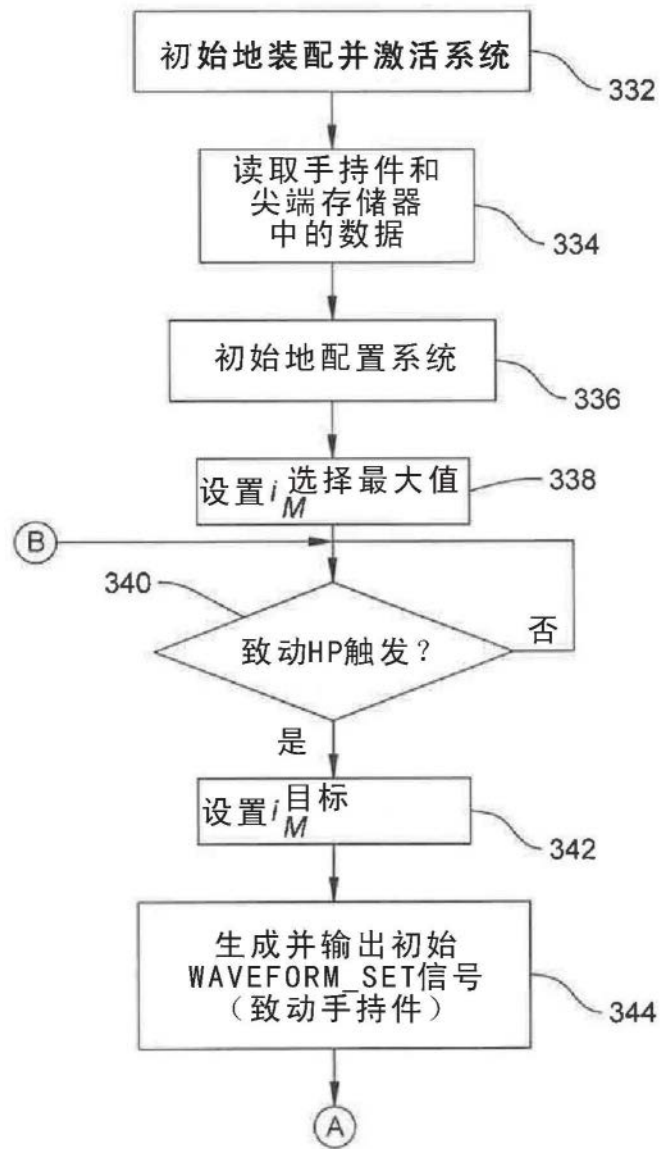


图13A

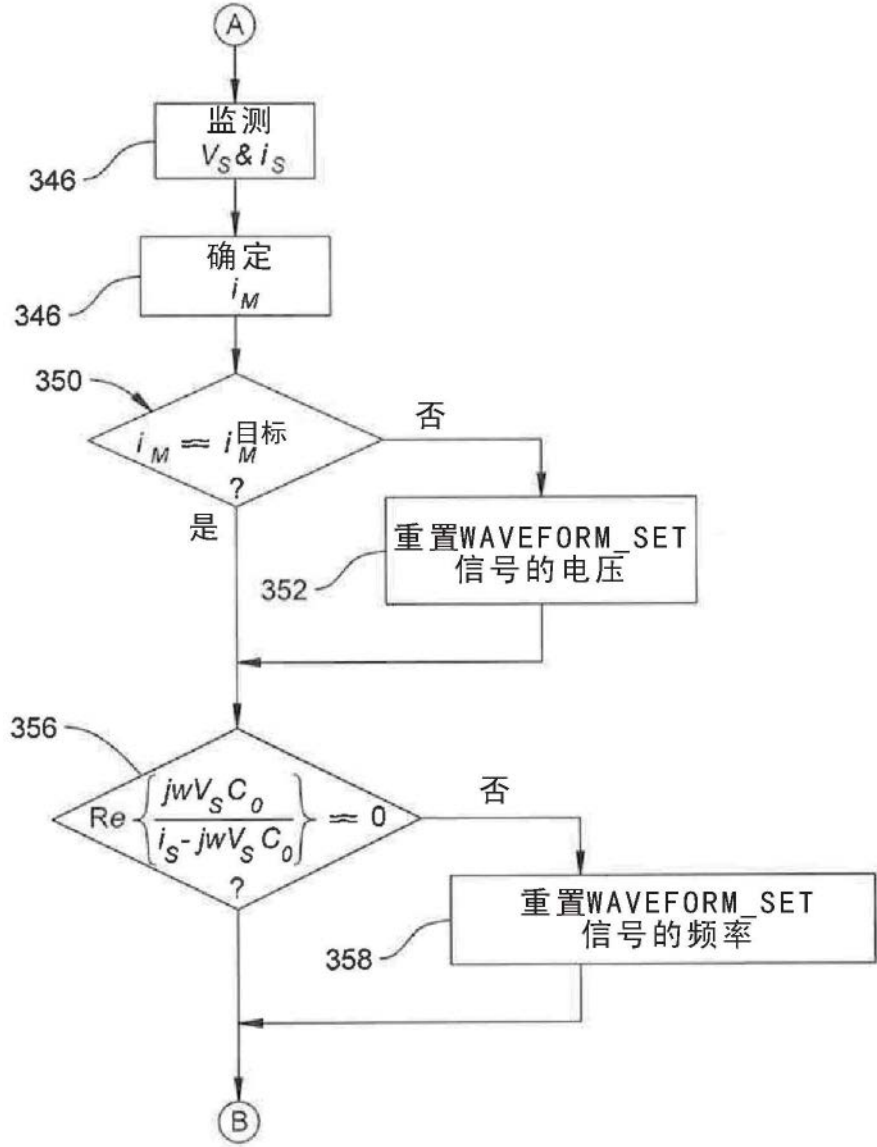


图13B