(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109715079 B
(45)授权公告日 2023.12.12

(21)申请号 201780056472.0
(22)申请日 2017.07.14
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109715079 A
(43)申请公布日 2019.05.03
(30)优先权数据
62/365,099 2016.07.21 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2019.03.14
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2017/042122 2017.07.14
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2018/017414 EN 2018.01.25
(73)专利权人 索里顿有限责任公司
地址 美国得克萨斯
(72)发明人 C·C·卡佩利 M·基什尼夫斯基 D·马斯 J·萨默森 D·罗伯森 W·克雷姆普 R·克罗利
(74)专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所有限公司 11038
专利代理师 王庆华
(51)Int.Cl.
A61B 17/00(2006.01)
A61B 17/22(2006.01)
A61H 23/00(2006.01)
A61N 7/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 105209117 A,2015.12.30
GB 2199249 A,1988.07.06
US 5245988 A,1993.09.21
WO 9110227 A1,1991.07.11
CN 102057422 A,2011.05.11
US 2008146971 A1,2008.06.19
US 5251614 A,1993.10.12
US 3364708 A,1968.01.23
DE 102007046902 A1,2009.04.09
CN 1245410 A,2000.02.23
WO 2015176001 A1,2015.11.19

审查员 王婷婷

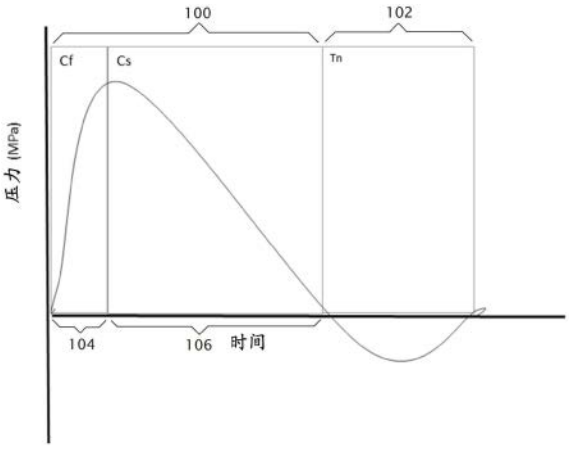
权利要求书2页 说明书14页 附图18页

(54)发明名称

具有改善的电极寿命的快速脉冲电液冲击波生成器设备

(57)摘要

用于生成治疗压缩声波(例如,冲击波)的设备、电容器阵列和方法,其中,多个电极布置在由壳体限定并配置成填充有液体的腔室中,多个电容器电连接至电极并被壳体承载。电压脉冲可以同时施加到多个电极(例如,开始汽化和离子化部分液体以在多个电极之间提供至少一个电极间导电路径)和多个电容器(以对多个电容器充电)。多个电容器可以配置成在达到阈值充电时向多个电极放电。多个电容器可以联接至一个或多个电路板,所述电路板可以配置成联接至电极,使得电极与电容器电连通并且固定成相对于一个或多个电路板具有至少两个自由度。



CN 109715079 B

1.一种用于生成治疗冲击波的设备,包括:

限定腔室和冲击波出口的壳体,所述腔室配置成填充有液体;

配置成布置在所述腔室中以限定一个或多个火花隙的多个电极;和

由所述壳体承载并与所述多个电极电连通的多个电容器,所述多个电容器联接至一个或多个电路板;

其中,所述多个电极配置成联接至一脉冲生成系统,使得:i)所述壳体能够相对于所述脉冲生成系统移动,并且ii)所述脉冲生成系统与电源电连通,以将来自所述电源的电流输送给所述多个电极和所述多个电容器二者,以便所述多个电极和所述多个电容器能够同时从所述脉冲生成系统接收电压脉冲;

其中,所述多个电容器配置成在达到阈值充电时向所述多个电极放电,并且

其中,所述一个或多个电路板包括第一可堆叠电路板,所述多个电容器的第一部分联接至所述第一可堆叠电路板,所述第一可堆叠电路板还包括外边缘和中心,并且所述多个电容器的第一部分配置成致使电流从所述第一可堆叠电路板的外边缘朝向所述第一可堆叠电路板的中心流动。

2.根据权利要求1所述的设备,其中,所述多个电容器中的每个电容器是平面型的;并且

所述脉冲生成系统配置成执行两阶段脉冲放电,所述两阶段脉冲放电包括:

第一阶段,在所述第一阶段中,所述脉冲生成系统配置成同时施加电压脉冲至:

所述多个电极,以开始汽化和离子化部分液体,从而在所述多个电极之间提供至少一个电极间导电路径,以及

所述多个电容器,以对所述多个电容器充电;和

第二阶段,在所述第二阶段中,所述多个电容器配置成在达到阈值充电时向所述多个电极放电以沿着所述至少一个电极间导电路径生成一个或多个电弧,从而汽化另外部分液体并生成一个或多个声学冲击波。

3.根据权利要求2所述的设备,其中:

所述一个或多个电路板和所述电极位于所述壳体内;

所述多个电容器布置在总电感为2nH～200nH的电路中;并且

所述多个电容器包括2～20组电容器,这些组电容器并联连接,并且每组电容器包括10个或更多个串联的电容器。

4.根据权利要求1所述的设备,其中,所述一个或多个电路板包括多个可堆叠电路板,所述多个电容器联接至所述多个可堆叠电路板,所述多个可堆叠电路板包括联接至所述第一可堆叠电路板的第二可堆叠电路板。

5.根据权利要求4所述的设备,其中,所述多个电容器的第二部分联接至所述第二可堆叠电路板。

6.根据权利要求5所述的设备,其中,所述多个电容器的第一部分设置在第一可堆叠电路板的第一侧上,所述多个电容器的第二部分设置在第二可堆叠电路板的第二侧上,所述第二可堆叠电路板的第二侧与所述第一可堆叠电路板的第一侧相对。

7.根据权利要求6所述的设备,其中:

所述多个电容器的第一部分以圆形模式联接至所述第一可堆叠电路板;并且

所述多个电容器的第二部分以圆形模式联接至所述第二可堆叠电路板。

8.根据权利要求7所述的设备,其中,所述第二可堆叠电路板还包括外边缘和中心;并且所述多个电容器的第二部分配置成致使电流从所述第二可堆叠电路板的外边缘朝向所述第二可堆叠电路板的中心流动。

9.根据权利要求8所述的设备,其中,所述第一可堆叠电路板通过沿着所述第一可堆叠电路板和所述第二可堆叠电路板的外边缘布置的连接器电联接至所述第二可堆叠电路板。

10.根据权利要求4所述的设备,其中:

所述多个电容器包括至少100个电容器;

所述多个可堆叠电路板均具有0.02英寸～0.2英寸的厚度;

所述脉冲生成系统配置成通过在所述脉冲生成系统向所述多个电极施加电压的时间段期间施加电压以对所述多个电容器充电来提供电极间导电路径;并且

所述多个电容器均具有2mm～4mm的长度和1mm～3mm的宽度。

11.一种使用用于生成治疗冲击波的设备产生压缩声波的方法,该方法包括:

将电压脉冲从电源施加至位于由壳体限定并填充有液体的腔室中的多个电极,使得部分液体开始汽化和离子化以提供电极间导电路径;

将电压脉冲从所述电源施加至由所述壳体承载并与所述多个电极电连通的多个电容器以对所述多个电容器充电;和

当所述多个电容器达到阈值充电时,使所述多个电容器向所述多个电极放电,以沿着所建立的电极间导电路径生成电极间电弧,从而生成至少一个声学冲击波,

其中,将电压脉冲施加至所述多个电极和将电压脉冲施加至所述多个电容器是同时进行的,并且

其中,所述多个电容器联接至一个或多个电路板,所述一个或多个电路板包括第一可堆叠电路板,所述多个电容器的第一部分联接至所述第一可堆叠电路板,所述第一可堆叠电路板还包括外边缘和中心,并且所述多个电容器的第一部分配置成致使电流从所述第一可堆叠电路板的外边缘朝向所述第一可堆叠电路板的中心流动。

12.根据权利要求11所述的方法,其中,所述多个电容器联接至多个可堆叠电路板,并且其中,施加至所述多个电极的电压脉冲为500V～10000V,所述多个电容器布置在总电感为2nH～200nH的电路中。

13.根据权利要求11所述的方法,其中,施加至所述多个电容器的电压脉冲为500V～10000V。

具有改善的电极寿命的快速脉冲电液冲击波生成器设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2016年7月21日提交的美国临时申请No.62/365,099的权益,其内容通过引用结合到本申请中。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及激波或冲击波的治疗用途。更特别地但不限于,本发明涉及具有改善的电极寿命的用于生成治疗激波或冲击波(具有治疗用途的冲击波)的设备。

背景技术

[0004] 声学冲击波对于某些疗法已被使用多年。“激波”或“冲击波”一般指的是产生突然且强烈的压力变化的声学现象(例如,源自爆炸和闪电)。这些强烈的压力变化可以生成强烈的能量波,该能量波可以通过诸如空气、水、人体软组织或者诸如骨头的某些固体物质的弹性介质传播,并且/或者在这种弹性介质中诱发非弹性响应。用于产生治疗用途的冲击波的方法包括:(1)电液或火花隙(EH);(2)电磁波或EMSE;和(3)压电。每一种都基于其自身独特的物理原理。

[0005] A.用于冲击波生成的装置和系统

[0006] 由本发明的发明人之一提出的美国专利申请13/574,228(公开为WO2011/091020的PCT/US2011/021692的国家阶段申请)公开了用于通过使用换能器以高脉冲速率生成冲击波的装置。该装置包括:配置成发射具有1MHz～1000MHz中的至少一个频率的声波的声波生成器;联接至声波生成器的冲击波壳体;和设置在冲击波壳体中的冲击波介质,其中,所述装置配置成使得,如果声波生成器发射声波,那么声波的至少一些部分将通过冲击波介质行进并且形成冲击波。该装置可被致动以形成配置成导致患者体内的粒子使患者的一个或多个细胞破裂的冲击波,并且,冲击波可被引向患者的细胞,使得冲击波导致粒子使细胞中的一个或多个破裂。该声学换能器装置能够以高的频率或脉冲速率产生高功率冲击波。

[0007] 另外,同样由本发明人提出的美国专利申请13/798,712公开了用于以10Hz和5MHz的速率电液生成冲击波的设备和方法,包括:限定腔室和冲击波出口的壳体;设置在腔室内的液体;多个电极(例如,在火花头或模块中),其配置成布置在腔室中以限定一个或多个火花隙;和脉冲生成系统,其配置成以10Hz～5MHz的速率向电极施加电压脉冲。

[0008] 其它的用于产生冲击波的系统可以包括电液(EH)波生成器。EH系统通常可传输水平与其它方法类似的能量,但可以配置成在更宽的区域上传输该能量并因此在更短的时间段内向目标组织传输更大量的冲击波能量。EH系统通常包含电极(即,火花塞)以引发冲击波。在EH系统中,当向浸入容纳于封壳中的处理水中的电极施加电力时,生成高能量冲击波。当电荷被激发时,少量的水在电极的末端处被汽化,并且汽化的水迅速、几乎瞬时地膨胀,生成通过液体水向外传播的冲击波。在一些实施例中,水容纳于椭球体封壳中。在这些实施例中,冲击波可从椭球体封壳的侧面弹射并会聚于与待处理区域的位置重合的焦点处。

[0009] 例如,美国专利No.7,189,209(‘209专利)描述了通过施加声学冲击波治疗与骨和肌肉骨骼环境以及软组织相关的病理学病症的方法。‘209专利描述了冲击波引起局部创伤和其中的细胞凋亡,包括微破裂,以及引起诸如细胞补充的成骨细胞反应,刺激分子骨、软骨、腱、筋膜的形成以及软组织形态发生和生长因素,并且引起新生血管形成。’209专利对其方法的几个具体实施方式要求权利。例如,‘209专利对治疗糖尿病足溃疡或压疮的方法要求权利,该方法包括:在患者体内定位糖尿病足溃疡或压疮的部位或疑似部位;生成声学冲击波;对整个定位的部位聚焦声学冲击波;以及每次治疗向定位的部位施加多于500～约2500个声学冲击波,以引起微损伤和更多的血管形成,由此引起或加速愈合。‘209专利公开了频率范围为约0.5～4赫兹和每个治疗部位施加约300～2500或约500～8000个声学冲击波,这可能会导致每个治疗部位的治疗持续时间和/或所有部位的“每次治疗总时间”不便利地过长。例如,‘209专利公开了不同例子的每次治疗总时间的范围为20分钟～3小时。

[0010] 美国专利5,529,572(‘572专利)包括使用电液生成的冲击波以在组织上产生治疗效果的另一例子。‘572专利描述了增加骨的密度和强度(以治疗骨质疏松症)的方法,该方法包括使所述骨经受基本上平面的、准直化的压缩冲击波,该冲击波根据与冲击波源的距离而具有基本上恒定的强度,并且其中,所述准直化的冲击波以50～500个大气压的强度施加到骨上。‘572专利描述了施加未聚焦的冲击波以产生骨的动态反复载荷,由此增加平均骨密度,并由此加强骨的抗断裂性。如‘572专利所述,“优选在待治疗的骨的相对大的表面上,例如覆盖10～150cm^2的面积,施加未聚焦的冲击波。冲击波的强度可以为50～500个大气压。每个冲击波如在传统碎石器中那样具有几微秒的持续时间,并优选以每秒1～10个冲击波的频率被施加,每次治疗的周期为5～30分钟。治疗的次数取决于特定患者。”

[0011] 也公开为US2004/0006288的美国专利申请No.10/415,293(‘293申请)公开了使用EH生成的冲击波在组织上提供治疗效果的另一实施例。‘293申请公开了用于生成用于至少部分地使沉积物与血管结构分开的治疗声学冲击波的装置、系统和方法。‘293申请描述了该装置能够以约50～约500个脉冲每分钟(即,0.83～8.33Hz)的脉冲速率产生冲击波,每个治疗部位的脉冲数量(在被治疗的血管的单位长度上)为每1cm^2约100～约5000个。

[0012] B.冲击波速率

[0013] 现有技术的文献通过使用EH系统展示更快的脉冲速率,以提供可导致组织损伤的冲击波。例如,在一个研究(Delius,Jordan&et al,1988)[2]中,对肾暴露于3000个冲击波的多组狗检查冲击波对正常狗肾的影响。这些组的不同仅在于冲击波施加速率分别为100Hz和1Hz。在24～30小时以后,进行尸检。在肉眼和组织学上,如果冲击波施加速率为100Hz(与1Hz相对),那么在肾实质中出现明显更多的肾损害。结果表明,肾损伤依赖于冲击波施加速率。

[0014] 在另一研究(Madbouly&et al,2005)[7]中,与快的冲击波碎石速率相比,慢的冲击波碎石速率(SWL)在更少数量的总冲击波下与明显更高的成功率相关。在该文中,作者讨论了人们的研究还如何显示当使用更慢的速率的试验SWL时SWL引起肾损伤的发生率或对麻醉的需求减少。

[0015] 在又一研究(Gillitzer&et al,2009)[5]中,将传输速率从60冲击波每分钟减缓至30冲击波每分钟还在猪模型中的实际血管的完整性上提供戏剧性的保护效果。这些发现支持降低脉冲速率频率以改善体外震波碎石术的安全性和有效性的潜在策略。

[0016] 对于1Hz～10Hz的脉冲速率(PR)，软组织可能从弹性转变为粘性行为。结果，当使用典型的碎石功率水平时，1Hz～10Hz的PR下的冲击波对组织的潜在损伤是不可预测的。或许因此，现有技术教导较慢的PR和较大的每次治疗总时间(TTPT)。例如，目前已知的EH冲击波系统通常传输小于10Hz的PR，并且，需要大的每次治疗总时间(TTPT)(例如，对于甚至单个治疗部位，TTPT周期为几分钟或者甚至几小时)。当治疗要求装置在多个治疗部位处重新定位时，这可能是典型的情况，TTPT变大，并且对于许多患者和治疗要求可能是不现实的。

[0017] 尽管长的治疗时间对于体外冲击波碎石术来说可能是可接受的，但是利用冲击波在医疗环境中在组织上提供非碎石治疗效果即使不是不现实也是不理想的。例如，治疗成本通常会随着施用治疗所需要的时间而增加(例如，由于劳动、设施和分配给治疗施用的其他资源成本)。此外，除了成本，在某些时候，向患者提供治疗的持续时间对于接受治疗的患者和提供治疗的医务人员来说变得难以忍受。

发明内容

[0018] 本公开包括用于电液生成具有改善的电极寿命的快速声学脉冲的设备和方法的实施例。在某些实施例中，通过利用冲击波生成的两阶段脉冲放电方法来实现这种改善的电极寿命。根据这些实施例，在第一阶段中，脉冲生成系统配置成同时向电极腔室中的多个电极施加电压脉冲，使得其中容纳的液体的一部分被汽化以提供电极间导电路径；并且，将电压脉冲施加到位于所述多个电极附近的多个电容器，以对所述多个电容器充电。在第二阶段中，充电的多个电容器通过所建立的电极间导电路径向电极放电以生成短的电极间电弧，从而形成声学冲击波。短的电极间电弧使电极腐蚀最小化，从而改善电极寿命。

[0019] 电极寿命的改善是位于腔室内电极附近的电容器的快速放电的结果。脉冲生成系统配置成同时向电极腔室中的多个电极施加电压脉冲，使得液体的一部分被汽化以提供电极间导电路径；并且，将电压脉冲施加到位于所述多个电极附近的多个电容器，以对所述多个电容器充电。在一个实施例中，所述多个电容器包括至少10个并联的平面型电容器，其中每个电容器具有不大于100毫微法(nanofarad)的电容。在一个实施例中，多个平面型电容器放置在与电极相邻的多个堆叠电路板上，并且其中多个平面型电容器以低电感模式(pattern)放置在每个可堆叠电路板的相对两侧上。将这些电容器定位在电极附近使得电弧能够完全且快速地放电。一旦电容器放电，电极间电弧就结束，这使电极腐蚀最小化。

[0020] 本设备(例如，用于生成治疗冲击波)的一些实施例包括：限定腔室和冲击波出口的壳体；布置在腔室中的液体；配置成布置在腔室中以限定一个或多个火花隙的多个电极；由壳体承载并与多个电极电连通的多个电容器；脉冲生成系统，所述脉冲生成系统配置成联接至所述多个电极，使得：(i)所述壳体可相对于所述脉冲生成系统移动，以及(ii)所述脉冲生成系统与所述多个电极和多个电容器电连通；其中，脉冲生成系统配置成同时施加电压脉冲至：所述多个电极(例如，以开始汽化和离子化部分液体以便在所述多个电极之间提供至少一个电极间导电路径)，和所述多个电容器(以对所述多个电容器充电)；并且其中，所述多个电容器配置成在达到阈值充电时向所述多个电极放电以沿着一个或多个电极间导电路径生成一个或多个电弧，从而汽化液体的另外部分并生成一个或多个声学冲击波。

[0021] 在本设备的一些实施例中，脉冲生成系统配置成通过在脉冲生成系统向多个电极

施加电压的时间段期间施加电压以对多个电容器充电来提供电极间导电路径。

[0022] 本设备(例如,用于生成治疗冲击波)的一些实施例包括:限定腔室和冲击波出口的壳体,腔室配置成填充有液体;配置成布置在腔室中以限定一个或多个火花隙的多个电极;由壳体承载并与多个电极电连通的多个电容器;脉冲生成系统,其配置成联接至所述多个电极,使得:(i)所述壳体可相对于所述脉冲生成系统移动,以及(ii)所述脉冲生成系统与所述多个电极和多个电容器电连通;其中,脉冲生成系统配置成同时施加电压脉冲至:所述多个电极(例如,以开始汽化和离子化部分液体以便在多个电极之间提供至少一个电极间导电路径),和所述多个电容器,以对多个电容器充电;其中,所述多个电容器配置成在达到阈值充电时向所述多个电极放电以沿着一个或多个电极间导电路径生成一个或多个电弧,从而汽化液体的另外部分并生成一个或多个声学冲击波。

[0023] 本设备(例如,用于生成治疗冲击波)的一些实施例包括:限定腔室和冲击波出口的壳体,腔室配置成填充有液体;布置在腔室中以限定一个或多个火花隙的多个电极;由壳体承载并与多个电极电连通的多个电容器;并且其中,所述多个电极配置成联接至脉冲生成系统,使得:(i)壳体可相对于脉冲生成系统移动,以及(ii)脉冲生成系统与所述多个电极和多个电容器电连通,使得所述多个电极和多个电容器可以同时接收来自脉冲生成系统的电压脉冲;并且其中,所述多个电容器配置成在达到阈值充电时向所述多个电极放电。

[0024] 在本设备的一些实施例中,所述多个电容器中的每个是平面型的。在一些实施例中,所述多个电容器布置在总电感为2nH～200nH的电路中。在一些实施例中,所述多个电容器包括2～20组电容器,其中电容器的这些组并联连接。在一些实施例中,每组电容器包括少于50个电容器。在一些实施例中,每组电容器包括10个或更多个串联的电容器。

[0025] 在本设备的一些实施例中,每个电容器具有不大于100毫微法的电容。

[0026] 在本设备的一些实施例中,所述多个电容器联接至多个可堆叠电路板。在一些实施例中,所述多个电容器以多个圆形模式布置。在一些实施例中,所述多个可堆叠电路板包括第一可堆叠电路板和联接至第一可堆叠电路板的第二可堆叠电路板。在一些实施例中,所述多个电容器的第一部分联接至第一可堆叠电路板,并且所述多个电容器的第二部分联接至第二可堆叠电路板。在一些实施例中,所述多个电容器的第一部分设置在第一可堆叠电路板的第一侧上,并且所述多个电容器的第二部分设置在第二可堆叠电路板的第二侧上,第二可堆叠电路板的第二侧与第一可堆叠电路板的第一侧相对。在一些实施例中,第一可堆叠电路板和第二可堆叠电路板是圆形的。在一些实施例中,所述多个电容器的第一部分联接至第一可堆叠电路板,并且所述多个电容器的第二部分联接至第二可堆叠电路板。在一些实施例中,多个电容器的第一部分以圆形模式联接至第一可堆叠电路板;并且所述多个电容器的第二部分以圆形模式联接至所述第二可堆叠电路板。在一些实施例中,每组电容器包括10个或更多个串联的电容器。在一些实施例中,第一可堆叠电路板还包括外边缘和中心,第二可堆叠电路板还包括外边缘和中心;所述多个电容器的第一部分配置成致使电流从第一可堆叠电路板的外边缘朝向第一可堆叠电路板的中心流动,并且所述多个电容器的第二部分配置成致使电流从第二可堆叠电路板的外边缘朝向第二可堆叠电路板的中心流动。在一些实施例中,第一可堆叠电路板通过沿可堆叠电路板的外边缘设置的连接器电联接至第二可堆叠电路板。在一些实施例中,多个可堆叠电路板均具有0.02英寸～0.2英寸的厚度。

[0027] 在本设备的一些实施例中，所述多个电容器均具有2mm～4mm的长度和1mm～3mm的宽度。

[0028] 在本设备的一些实施例中，所述多个电容器包括至少100个电容器。

[0029] 本电容器阵列设备(例如，用于生成治疗冲击波)的一些实施例包括：一个或多个电路板；和联接至所述一个或多个电路板的多个电容器；其中，所述多个电容器的第一部分以由多个电容器组限定的第一模式布置，所述多个电容器的第二部分以由多个电容器组限定的第二模式布置，每个电容器组包括两个或更多个串联连接的电容器；限定第一模式的电容器组并联连接，限定第二模式的电容器组并联连接；并且其中，所述一个或多个电路板配置成联接至电极，使得电极与电容器电连通并且固定成相对于所述一个或多个电路板具有至少两个自由度。

[0030] 在本电容器阵列设备的一些实施例中，所述多个电容器是平面型的。在一些实施例中，所述多个电容器布置在总电感为2nH～200nH的电路中。在一些实施例中，所述多个电容器包括2～20组电容器，其中电容器的这些组并联连接。在一些实施例中，每组电容器包括少于50个电容器。

[0031] 在本电容器阵列设备的一些实施例中，每组电容器包括10个或更多个串联的电容器。

[0032] 在本电容器阵列设备的一些实施例中，每个电容器具有不大于100毫微法的电容。

[0033] 在本电容器阵列设备的一些实施例中，所述一个或多个电路板包括多个可堆叠电路板。在一些实施例中，第一模式和第二模式是圆形的。在一些实施例中，多个可堆叠电路板包括第一可堆叠电路板和联接至第一可堆叠电路板的第二可堆叠电路板。在一些实施例中，所述多个电容器的第一部分联接至第一可堆叠电路板，并且所述多个电容器的第二部分联接至第二可堆叠电路板。在一些实施例中，所述多个电容器的第一部分设置在第一可堆叠电路板的第一侧上，并且所述多个电容器的第二部分设置在第二可堆叠电路板的第二侧上，并且第二可堆叠电路板的第二侧与第一可堆叠电路板的第一侧相对。在本电容器阵列设备的一些实施例中，所述多个电容器的第一部分以圆形模式联接至第一可堆叠电路板；并且所述多个电容器的第二部分以圆形模式联接至第二可堆叠电路板。在一些实施例中，每组电容器还包括10个或更多个并联连接的电容器。在一些实施例中，第一可堆叠电路板还包括外边缘和中心，第二可堆叠电路板还包括外边缘和中心；所述多个电容器的第一部分配置成致使电流从第一可堆叠电路板的外边缘朝向第一可堆叠电路板的中心流动，并且所述多个电容器的第二部分配置成致使电流从第二可堆叠电路板的外边缘朝向第二可堆叠电路板的中心流动。在一些实施例中，第一可堆叠电路板通过沿可堆叠电路板的外边缘设置的连接器电联接至第二可堆叠电路板。在一些实施例中，所述多个可堆叠电路板均具有0.02英寸～0.2英寸的厚度。

[0034] 在本电容器阵列设备的一些实施例中，所述多个电容器均具有2mm～4mm的长度和1mm～3mm的宽度。

[0035] 在本电容器阵列设备的一些实施例中，所述多个电容器包括至少100个电容器。

[0036] 本方法(例如，使用用于生成治疗冲击波的设备产生压缩声波)的一些实施例包括：将电压脉冲施加至位于由壳体限定并填充有液体的腔室中的多个电极，使得部分液体开始汽化和离子化，以提供电极间导电通路；将电压施加至由壳体承载并与所述多个电极

电连通的多个电容器以对多个电容器充电;当所述多个电容器达到阈值充电时,使所述多个电容器向电极放电,以沿着所建立的电极间导电路径生成电极间电弧,并由此生成至少一个声学冲击波。在一些实施例中,施加至所述多个电极的电压脉冲为500V～10000伏(V)。在一些实施例中,施加至所述多个电容器的电压脉冲为500V～10000V。

[0037] 术语“联接”被定义为连接,但未必是直接连接,并且未必是以机械方式连接;被“联接”的两个项目可彼此是单体的;除非本公开另有明确要求,否则术语“一”和“一种”被定义为一个或多个。如本领域技术人员理解的那样,术语“基本上”被定义为大体但未必完全为所规定(并且包含所规定;例如,基本上90度包含90度,并且基本上平行包含平行)。在任何公开的实施例中,术语“基本上”、“约”和“大约”可由所规定的“…[百分比]内”替代,这里,百分比包含0.1%、1%、5%和10%。在所公开的实施例中,术语“相邻”通常限定为位于同一分立腔室、壳体或模块中。

[0038] 术语“包括”(和包括的任何形式,诸如“含有”和“包含”)、“具有”(和具有的任何形式,诸如“有”和“带有”)和“包含”(和包含的任何形式,诸如“含有”和“容纳”)是开放式链接动词。因此,“包括”、“具有”、“含有”或“包含”一个或多个要素的系统或设备具有这些所述的一个或多个要素,但不限于仅具有这些要素。类似地,“包括”、“具有”、“含有”或“包含”一个或多个步骤的方法具有这些所述的一个或多个步骤,但不限于仅具有这些所述一个或多个步骤。

[0039] 进一步地,以某种方式配置的结构(例如,设备的部件)至少以该方式被配置,但也可通过具体描述的方式以外的其它方式配置。

[0040] 本系统、设备和方法中的任一者的任何实施例可以由任何所述步骤、元素和/或特征构成或基本上构成,而不是包括/包含/含有/具有任何所述步骤、要素和/或特征。因此,在任何权利要求中,为了用可扩展链接动词改变给定权利要求的范围,可用上述的可扩展链接动词替代术语“由……构成”或“基本上由……构成”。

[0041] 以下给出与上述实施例和其它实施例相关的细节。

附图说明

[0042] 作为例子而不是限制给出以下的附图。为了简要清楚,所给出的结构的每一个特征不总是在出现该结构的每个附图中被标记。相同的附图标记未必表示相同的结构。而是,可以使用相同的附图标记表示类似的特征或具有类似功能的特征,不相同的附图标记也可以。附图是按比例绘制的(除非另外注释),意味着至少对于在附图中示出的实施例而言所示出的要素的尺寸彼此是精确的。

[0043] 图1是示出来自现有技术电液系统的声波的曲线图。

[0044] 图2A描绘了脉冲生成系统的阶段1:电极间盐溶液加热和初始汽化。

[0045] 图2B描绘了脉冲生成系统的阶段2:电极间蒸汽离子化。

[0046] 图2C描绘了脉冲生成系统的阶段3:电极间电弧形成。

[0047] 图2D描绘了脉冲生成系统的阶段4:电极间强电弧。

[0048] 图3描绘了用于本系统的一些实施例中或与本系统的一些实施例一起使用的电液冲击波生成系统的一个实施例的示意图。

[0049] 图4A-4E描绘了包括多个电容器的可堆叠电路板的一个实施例的各个视图。

[0050] 图5A-5E描绘了固定至一对联接的可堆叠电路板的电容器阵列的第二实施例的各个视图。

[0051] 图6A-6D描绘了固定至一对联接的可堆叠电路板和联接部件的电容器阵列的各个视图。

[0052] 图7A-7C描绘了固定至与冲击波生成腔室中的一对电极相联接的一对可堆叠电路板的电容器阵列的各个视图。

[0053] 图8A和8B描绘了与现有技术系统相比由于使用本设备的一个实施例而引起的电极磨损减少。

[0054] 图9描绘了来自本设备的实施例的压缩声波与来自现有技术设备的声波相比的曲线图。

[0055] 图10描绘了具有火花头部或模块的本探针的另一原型实施例的分解透视图。

[0056] 图11A和11B描绘了图10的探针的各个组成部分。

[0057] 图12A和12B分别描绘了图10的探针的透视图和侧横截面图。

[0058] 图12C描绘了图10的探针的火花隙的放大侧横截面图。

具体实施方式

[0059] 本系统和设备的某些实施例配置成在具有改善的电极寿命的同时生成高频冲击波。在一些实施例中,所生成的EH冲击波可用于医学和/或美容治疗应用中(例如,当被引向和/或传输到患者的目标组织时)。在(1)公开为US2013/0046207的美国专利申请No.13/574,228、(2)公开为US2013/0018287的美国专利申请No.13/547,995、和(3)公开为US2014/0257144的美国专利申请No.13/798,710中公开了可使用本系统的医用和/或美容治疗应用的例子,它们的全部内容通过引用并入在此。

[0060] 在一个实施例中,用于电液生成冲击波的设备包括:限定腔室和冲击波出口的壳体;布置在腔室中的液体;配置成布置在腔室中以限定一个或多个火花隙的多个电极(例如,在火花头部或模块中);和配置成以10Hz～5MHz的速率向电极施加电压脉冲的脉冲生成系统。电压脉冲的速率可以是25Hz,50Hz,75Hz,100Hz,150Hz,200Hz,250Hz,300Hz,400Hz,500Hz,600Hz,700Hz,800Hz,900Hz,1KHz,5KHz,10KHz,25KHz,50KHz,100KHz,200KHz,300KHz,400KHz,500KHz,600KHz,700KHz,800KHz,900KHz,1MHz,2MHz,3MHz和4MHz的速率。

[0061] A.现有技术系统

[0062] 现在参考附图,图1描绘了来自现有技术电液系统的典型脉冲放电,现有技术电液系统产生宽频谱声波(典型在16Hz～30MHz的范围内),其由大的压缩脉冲波100、随后是小的拉伸波102构成。压缩脉冲波100由两部分构成:快速上升声学前沿104(也称为冲击波前沿),随后是长的压缩声学尾部106。快速声学前沿104在纳秒的时间尺度上发生,而长的压缩声学尾部106在微秒的时间尺度上发生。

[0063] 这种现有技术电液系统在两个电极之间发生脉冲放电事件,其以四个阶段进行:(1)电极间盐溶液加热和初始汽化;(2)蒸汽离子化;(3)电极间电弧形成;和(4)强电弧。

[0064] 图2A描绘了现有技术脉冲放电事件的阶段1:电极间盐溶液加热和初始汽化。在脉冲的这个阶段期间,腔室200填充有盐溶液202。接下来,脉冲生成系统将电压直接施加到电极204、206以产生电极间导电路径208。特别地,电流210通过大量盐溶液202从一个电极204

传导到另一个电极204。这导致盐溶液202被加热，引起部分盐溶液202在位于电极204、206的表面末端上的初始气泡成核位置处汽化。因为盐溶液的电导率随温度升高，所以在此阶段期间，电极电流随着盐溶液温度升高而升高。在此阶段，在盐溶液加热和初始汽化期间不存在电极损坏。电流大致均匀地分布在电极204、206的表面末端上，并且盐溶液的温度低(最高约100℃)，而总阻抗高(对于1％盐溶液来说约为50Ω)。

[0065] 图2B描绘了现有技术脉冲放电事件的阶段2：电极间蒸汽离子化，其与如图2A所示的阶段1重叠。在脉冲的这个阶段期间，电流210仍然主要通过大量盐溶液202从一个电极204传导到另一个电极206。盐溶液202继续从初始气泡成核位置汽化和膨胀。一旦盐溶液202汽化并且其密度足够低，增加的电子自由路径允许它们获得足以进行碰撞离子化的能量，并且形成雪崩电离放电212。与阶段1一样，在此阶段对电极的损坏可忽略不计。离子轰击可以通过溅射去除电极材料，但与脉冲放电事件的阶段3和阶段4相比，速率极低。而总阻抗高(对于1％盐溶液来说约为50Ω)。

[0066] 图2C描绘了现有技术脉冲放电事件的阶段3：电极间电弧形成。在脉冲的这个阶段，多个事件几乎同时发生。通过盐溶液蒸汽等离子体层的放电导致阴极和阳极斑点形成在电极的表面上。电极材料和电子的这些微小、强射流供给形成完整电弧214所需的导电材料。从阴极和阳极斑点发出的射流开始连接并转换成阶段4的强电弧。随着初始电弧214引起快速和完全的盐溶液汽化和电弧扩散，电极204、206上的净电流开始达到峰值。总阻抗开始从约50Ω下降到0.1Ω。

[0067] 图2D描绘了现有技术脉冲放电事件的阶段4：电极间强电弧。强电弧模式216非常明亮并看起来覆盖阳极和阴极以及填充电极间隙218。阳极和阴极斑点出现并且将电极材料连续地喷射到间隙218中，该间隙为低阻抗电弧提供馈电材料。由现有技术脉冲生成系统产生的强电弧模式216的特征在于阳极和阴极处的严重腐蚀[1]。由于总阻抗低(约0.1Ω)，电弧电压较低且电流较高。阳极腐蚀典型比阴极腐蚀更严重，因为阳极斑点往往更少且更强，而阴极斑点众多且分散[1]。

[0068] 使用现有技术电液系统严重腐蚀电极204、206限制了那些系统中电极的寿命。因为电液系统的许多应用需要大量或快速的脉冲才能有效，所以用于产生这些声波的现有技术方法导致电极204、206的有限寿命降低，而这需要频繁更换电极或使用昂贵、复杂的电极给进器系统。由于电极寿命有限，这些要求已经限制了电液系统的商业用途。

[0069] B.改进的系统、组件和方法

[0070] 本设备和方法的某些实施例配置成电液生成冲击波，同时提供改善的电极寿命。某些实施例通过利用冲击波生成的两阶段脉冲放电方法实现改善的电极寿命。在一些实施例中，在第一阶段中，脉冲生成系统配置成同时：(1)将电压脉冲施加至电极腔室中的多个电极，使得容纳在腔室内的液体的一部分被汽化以提供电极间导电路径；(2)施加电压脉冲以对邻近所述多个电极的多个电容器充电。在这样的实施例中，在第二阶段中，充电的多个电容器放电以通过建立的电极间导电路径产生短的电极间电弧，从而产生声学冲击波。较短的电极间电弧可以使电极腐蚀最小化，从而导致改善的电极寿命。

[0071] 在电液冲击波产生中，可能需要高电容以在电极处获得具有期望波形的所需峰值脉冲电流。在一些实施例中，可以在电极附近设置大电容器，以便能够向产生短电极间电弧所需的电极提供高压脉冲。然而，使用产生脉冲冲击波所需的重复大电压和电流相位放电

可能导致大电容器的损坏，这可能反过来引起冲击波生成器故障。在这些现有技术系统中遭受的电容器损坏相对于引起机械故障的电容器板的压电效应来说理论上是次要的。该问题可能限制制造具有可接受长短的电极寿命的商业上可行的快速脉冲冲击波生成器的能力。

[0072] 在一些实施例中，邻近电极(例如，在设置有电极的手持式壳体中或壳体上)布置(例如，以低电感模式)的并联的多个小电容器可用于产生短的电极间电弧。在该实施例中，邻近电极以低电感模式布置的并联的多个小电容器能够提供产生快速脉冲冲击波所需的重复且快速的大电压和电流脉冲放电而不会损坏电容器。当在多个小电容器内并联使用以产生快速脉冲冲击波时，对于每个小电容器，材料的压电效应受到限制。因此，在这样的实施例中，避免了灾难性的电容器机械故障，从而提高了快速脉冲冲击波生成器的商业可行性。

[0073] 在一些实施例中，并联的多个小电容器可以放置在多个堆叠的电路板中，以便压缩电容器所需的区域。另外，将多个小电容器放置在每个可堆叠电路板的相对两侧上不仅导致电容器所需的表面区域的进一步减小，而且还导致由使用多个电容器引起的电感的减小。

[0074] 图3描绘了所公开的电液设备的一个实施例的代表性示意图。在所示的实施例中，脉冲生成系统300通过电缆304联接至头部302。头部302包括多个电极306和多个电容器310(例如，电极和电容器由壳体承载)，所述多个电极配置成限定一个或多个火花隙308。如下所述，电容器可以例如以低电感模式配置。在一些这样的实施例中，头部302的壳体或本体限定了其内设置有所述多个电极306的壳体(例如，每个电极的一部分延伸到腔室中)，并且多个电容器310由该壳体承载(和/或可以设置在腔室312中)。腔室312配置成填充有液体。在所示的实施例中，脉冲生成系统300包括高压电源314、电容器316、主开关318、电流探针320、电阻器322、电感器324和电压探针326。高压电源314例如可以配置成提供3000伏(V)。脉冲生成系统300配置成向多个电极306施加电压脉冲，使得设置在腔室312中的液体的一部分被汽化，以提供电极间导电路径。脉冲生成系统300还配置成(例如，同时)向腔室内的多个电容器310施加电压。一旦充电，多个电容器310可以在所建立的电极间导电路径内放电，以产生短的电极间放电电弧。然后，这种放电电弧引起冲击波的形成。

[0075] 在一些实施例中，例如图4A-4E所示的实施例，多个电容器310的至少一部分在可堆叠电路板400的顶侧408和底侧406两者上以圆形低电感模式联接至可堆叠电路板400。图4A描绘了可堆叠电路板400的一个实施例的自下而上视图，该可堆叠电路板具有联接至可堆叠电路板400的底侧406的多个电容器310。在所示的实施例中，可堆叠电路板400是圆形的，具有外边缘402和中心孔404。围绕中心孔404，可堆叠电路板400具有多个另外孔410和多个插针412。在该实施例中，十四(14)个插针412联接至可堆叠电路板400。其他实施例可包括围绕中心孔404的5、6、7、8、9、10、11、12、13、15、16、17、18、19、20或更多个插针412。插针412可以是，例如，弹簧针或其他连接器，其配置成至少暂时地建立多个电路板之间的电连接。另外，在所示的实施例中，可堆叠电路板400具有围绕其外边缘402延伸的多个板对板连接器414。连接器414可以如图所示布置成单排，或者布置成两排，并且便于将可堆叠电路板400与另外的电路板电联接。例如，连接器414可以配置成在-55℃～125℃的温度范围内工作。

[0076] 在所示的实施例中，电容器310以低电感模式联接至可堆叠电路板400。如图所示，电容器的低电感模式可包括多组电容器，每组电容器由多个单独的电容器构成。在低电感模式中，这些电容器组被布置成使得每个组与每个其他组并联。根据一个实施例，如图4A-4E所示，每组电容器联接至可堆叠电路板400，使得一个电容器在中心孔404附近联接至该板400，并且多个另外的电容器联接至板400，使得它们彼此电连通并且径向地远离中心孔404朝向外边缘402延伸。来自该组的该部分电容器还配置成使得它们与位于该板的相对一侧上(或位于另一个板上，如图6A-6D所示)的另一部分电容器电连通。该另一部分电容器类似地配置成使得它们从板402的边缘朝向中心孔404串联延伸。根据所描述的实施例，电容器的整体配置使得多组电容器(每组具有全部多个电容器中的一部分电容器)从中心孔404向外延伸到中心边缘402，继续延伸到板的相对一侧(或延伸到另一个板)，然后从板402的边缘返回朝向中心孔404延伸。当如此配置时，电容器310可以使电流从可堆叠电路板400的外边缘402朝向中心孔404或者从可堆叠电路板400的中心孔404朝向外边缘402流动。已经表明这样的配置导致整个电容器阵列的电感减小。例如，在一些这样的实施例中，某些电容器组配置成致使电流径向向内流动，并且其他电容器组配置成致使电流径向向外流动，从而引起电流的“逆流”，这倾向于使使用期间的电感消除或其他(例如，通过破坏性干扰)。在一些实施例中，部分电容器联接至多个可堆叠电路板中的每个，所述多个可堆叠电路板可包括2、3、4、5或更多个单独的板。所述多个电容器的一部分可以联接至任何可堆叠电路板的任一侧或两侧。如图所示，可堆叠电路板400可以是圆形的，并且可以具有从外边缘402朝向中心孔向内延伸的切口416。

[0077] 在一个实施例中，并联的至少十(10)个平面型电容器(每个具有不大于100毫微法(nF)的电容)能够提供生成快速脉冲冲击波所需的重复大电压脉冲放电，但不会损坏电容器。在其他实施例中，可以并联使用最少15、20、25、30、35、40、45或50个平面型电容器。另外，根据其他实施例，每个电容器可以具有95nF、90nF、85nF、80nF、75nF、70nF、65nF、60nF、55nF或50nF的最大电容。在一个实施例中，电容器均具有2mm～4mm的长度和1mm～3mm的宽度。

[0078] 在电容器布置成多组电容器的实施例中，多个电容器可以布置成2～20组电容器，这些组并联连接(例如，并且每组中的电容器串联连接)。可替换地，多个电容器可包括2、5、10或15组电容器。在一些实施例中，每组电容器包括少于50个电容器，但是可替代地，每组包括5、10、15、20、25、30、35、40或45个电容器。在一些实施例中，多个电容器包括至少100个电容器。在一些实施例中，多个电容器布置在总电感为2nH～200nH的电路中。

[0079] 图5A-5E描绘了本发明的可堆叠电路板组件的一个实施例的透视图、横截面图、俯视图和侧视图，其包括用于冲击波脉冲生成设备的电容器阵列。图5A描绘了本发明的可堆叠电路板组件的一个实施例的透视图；图5B描绘了组件的另一透视图；图5C描绘了组件的侧横截面图；图5D描绘了组件的俯视图；和图5E描绘了组件的侧视图。如图所示，在该组件中，电路板400经由连接器414联接至第二可堆叠电路板500，使得电路板400的电容器310经由连接器(414)电连接至第二可堆叠电路板500。电路板400还经由中心毂组件502机械地联接至电路板500。根据该实施例，电路板500提供从中心插针到最外面一行电容器310的低电感返回路径。

[0080] 图6A-6D描绘了用于快速治疗冲击波生成设备和方法的本发明的电容器阵列的另

一实施例的透视图、横截面图和分解透视图。图6A描绘了电容器阵列的透视图;图6B描绘了电容器阵列的第二个透视图;图6C描绘了电容器阵列的横截面图;和图6D描绘了电容器阵列的分解图。在该实施例中,多个电容器310以低电感模式放置在第一堆叠电路板400和第二堆叠电路板500上,邻近多个电极,其中多个小电容器310放置在每个可堆叠电路板400、500的相对两侧上。电路板400、500通过板对板连接器414彼此电联接,并通过中心机械组件502彼此机械联接。

[0081] 在所示的实施例中,将多个电容器310定位在电极附近使得电弧能够完全且快速地放电。一旦腔室头部内的电容器310(如图3所描绘的实施例所示)被放电,电极间电弧就结束,使电极腐蚀最小化。

[0082] 在一些实施例中,电极的寿命改善是多个电容器310在电极附近放电的结果。以低电感模式将多个电容器310定位在电极附近为电容器/电极设置提供了低的总电感。因此,腔室内的多个电容器310能够完全且快速地放电。

[0083] 如图所示,中心机械组件502包括接触环600、环适配器602、间隔器604、更换插针插座606、中心销608和多个螺母610。环适配器602可以具有多个齿612,所述齿配置成插入到第二可堆叠电路板500中的孔中,使得齿612防止第二可堆叠电路板500独立于环适配器602旋转。

[0084] 在所示的实施例中,电容器可以配置成致使电流从第二可堆叠电路板500的中心朝向其外边缘流动,通过板对板连接器414流到第一可堆叠电路板400的外边缘,并从那里流向第一可堆叠电路板400的中心。每个可堆叠电路板400、500可以具有0.02～0.2英寸的厚度。可替换地,板400、500可以具有0.03～0.125英寸的厚度或者0.04～0.1英寸的厚度。

[0085] 图7A-7C描绘了所公开的电容器阵列联接冲击波生成腔室的一个实施例的横截面图和侧视图。根据如图7A所示的实施例,电容器阵列700联接至包括近侧电极702和远侧电极704的多个电极。在该实施例中,近侧电极702和远侧电极704两者都设置在腔室706中,该腔室配置成填充有液体。在至少一个实施例中,腔室706配置成填充有盐溶液。在又一个实施例中,腔室706填充有盐溶液。电极702、704配置成在它们之间具有限定放电位置708的短间隙。电容器阵列700连同联接的电极702、704和腔室706配置成执行生成冲击波的两阶段放电方法。在第一阶段,脉冲生成系统配置成同时:(1)将电压脉冲施加至电极腔室706中的多个电极702、704,使得容纳在腔室706内的液体的一部分被汽化以在放电位置708中提供电极间导电路径;(2)施加电压脉冲以对位于电容器阵列700中的多个电极702、704附近的多个电容器充电。根据该实施例,在第二阶段中,充电的多个电容器放电以通过在放电位置708中建立的电极间导电路径生成短的电极间电弧,从而产生声学冲击波。

[0086] 在一些实施例中,使用两阶段脉冲放电方法来生成冲击波导致电极间电弧时间短,这使电极腐蚀最小化,从而导致电极寿命的改善。使用单阶段脉冲放电方法的电液系统(例如,其中,脉冲生成系统直接向电极施加电压脉冲以顺序地形成电极间导电通路,然后生成电极间电弧)遭受长放电电弧时间的影响,因此电极腐蚀显著。这种显著的电极腐蚀导致电液冲击波设备具有短的电极寿命,增加了维护所需的时间和费用。

[0087] 例如,图8A和8B描绘了比较现有技术系统使用的电极与实施所公开的系统的电极的照片。图8A描绘了使用单阶段方法利用现有技术脉冲电源工作的电极的一个实施例。相比之下,图8B描绘了利用本文公开的两阶段脉冲生成系统的一个实施例工作的电极。通过

比较图8A和8B可以看出，使用现有技术脉冲电源工作的电极(图8A)在小于100个脉冲之后显示出显著的腐蚀。大的凹坑表示由于单阶段现有技术系统导致延长的严重电弧持续时间的缘故，大块电极熔化。与实施现有技术系统的电极相反，利用两阶段脉冲生成系统工作的电极(图8B)在6200个脉冲之后仅表现出极小的腐蚀。与实施现有技术系统相比，实施两阶段系统的电极的耗损率降低了15倍。例如，在相同的脉冲速率下，图8A中描绘的联接至现有技术脉冲生成系统的电极表现出每分钟约3750微英寸的耗损率，而图8B中描绘的联接至本发明的两阶段脉冲生成方法之一(包括脉冲生成系统和由壳体承载的电容器阵列)的电极表现出每分钟仅250微英寸的耗损率。

[0088] 另外，根据一个实施例，使用本文公开的两阶段方法的冲击波电液生成设备和方法生成与现有技术系统生成的那些波相比被“压缩”的声波。图9描绘了示出由现有技术系统900生成的声波和由所提出的两阶段方法902生成的声波的压力随时间变化的曲线图。如图9所示，与现有技术系统相比，由两阶段方法生成的声波具有比现有技术方法更快的上升声学前沿904。更重要的是，由于电容器快速放电时间，长的声学尾部906被显著压缩到已经建立的电极间导电路径中。最后，与现有技术方法相比，两阶段方法将较多的能量投入到声学脉冲中并且将较少的总能量投入到电弧中。进入电弧的总能量较少，直接导致电极寿命得到改善。

[0089] 此外，当应用于组织时，图9描绘的压缩声波带来的疼痛和损伤较小。来自现有技术电液系统的典型脉冲放电产生宽频谱声波，通常在16Hz～30MHz的范围内。声波的长压缩尾部906由声波的较低频谱构成。在典型使用的声压下，这些低频部分是大空化气泡的主要来源。当在组织中产生时，这些大空化气泡导致疼痛和组织损伤。由于短的电容器放电和由此形成的快速电弧，声波的长压缩尾部906被压缩。因此，附属于长尾部的大空化气泡被最小化。

[0090] 在一个实施例中，本发明的冲击波生成系统和设备结合图10-12C所示的探针。在该实施例中，探针1000包括：壳体1002，其限定腔室1004和冲击波出口1006；设置在腔室1004中的液体；多个电极306(例如位于火花头部或模块1008中)，其配置成布置在腔室中以限定一个或多个火花隙，并且配置成联接至脉冲生成系统(300)，该脉冲生成系统配置成以10Hz～5MHz的速率向电极施加电压脉冲。

[0091] 在所示的实施例中，火花头部1008包括侧壁或本体1010和限定火花隙的多个电极306。在该实施例中，探针1000配置成允许液体经由液体连接器或端口1012和1014循环通过腔室1004，液体连接器或端口中的一个联接至火花头部1008，另一个联接至壳体1002，如图所示。在本实施例中，壳体1002配置成如图所示那样接收火花头部1008，使得壳体1002和壳体1010协作以限定腔室1004(例如，使得火花头部1008和壳体1002包括协作以限定腔室的互补抛物线表面)。在本实施例中，壳体1002和火花头部1008包括通道1016(例如，沿火花头部1008的中心纵向轴线)，所述通道在液体连接器1012和腔室1004之间延伸并且与电极306之间的火花隙对准，使得循环水将紧密贴近和/或通过火花隙流动。在所示的实施例中，壳体1002包括在液体连接器1014与腔室1004之间延伸的通道1018。在本实施例中，壳体1010包括凹槽1020，所述凹槽配置成接收弹性垫圈或O形环1022，以密封火花头部1008与壳体1002之间的界面，并且壳体1002包括凹槽1024，该凹槽配置成接收弹性垫圈或O形环1026，以在盖构件1028通过环状件1030和保持轴套1032固定于壳体1002上时密封壳体1002与盖

构件1028之间的界面。

[0092] 在所示的实施例中，电极306均包括扁平条部分1034以及与该条部分1034电连通(例如，与其成整体)的垂直圆柱形部分1036(例如，为了耐久，其包括钨)，使得圆柱形部分1036可通过火花头部1008中的相应开口1038延伸到腔室1004中，如图所示。在一些实施例中，圆柱形部分1036的侧面的一部分可被电绝缘和/或弹性材料(例如，收缩包装)覆盖，例如，以密封该圆柱形部分1036与壳体1010之间的界面。在本实施例中，壳体1010还包括配置成接收电极306的条部分1034的纵向凹槽1038。在所示的实施例中，壳体1002还包括定位成当火花头部1008被设置在壳体1000中时与电极306的圆柱形部分1036对准的固定螺钉1040，使得固定螺钉1040能够被紧固以向内按压圆柱形部分1036，从而调整电极306的圆柱形部分之间的火花隙。在一些实施例中，火花头部1008被永久附接到壳体1002上；但是，在其它实施例中，火花头部1008可以是能够从壳体1002移除的，例如，以允许单独地更换电极306或者作为新的或更换的火花头部1008的一部分。

[0093] 以上的说明书和例子提供了对示例性实施例的结构和用途的描述。虽然以上通过一定程度的特殊性或者参照一个或多个单独的实施例描述了某些实施例，但本领域技术人员可以在不背离本发明的范围的情况下对所公开的实施例进行大量的变更。因而，本装置的各个示意性实施例不是要局限于所公开的特定形式。而是，它们包含落入权利要求的范围内的所有修改和替换方案，并且除所示出的实施例以外的实施例可以包括所描绘的实施例的特征中的一些或全部。例如，部件可以组合为整体结构。进一步，在适当的情况下，所述的例子中的任何例子的各方面可以与所述的其它例子中的任何例子的各方面组合，以形成具有相当或不同的性能并且解决相同或不同的问题的另外的例子。类似地，上述的益处和优点可与一个实施例有关或者可与几个实施例有关。

[0094] 权利要求不是要包括并且不应被解释为包括手段+功能或步骤+功能限定，除非在给定的权利要求中分别通过使用短语“用于…的手段”或“用于…的步骤”明确记载这种限定。

[0095] 参考文献

[0096] 在以下参考文献中，它们提供了补充本文所阐述的那些的示例性程序或其他细节，特别地通过引用结合在本文中。

[0097] [1]RaymondL.Boxman,Philip J.Martin,David Sanders(1995).Handbook of Vacuum Arc Science and Technology:Fundamentals and Applications,Park Ridge,NJ:Noyes Publications,pp.316-319

[0098] [2]V.Ya.Ushakov,et al.(2007).Impulse Breakdown of Liquids,New York,NY:Springer

[0099] [3]Schmitz C,et al.Treatment of chronic plantar fasciopathy with extracorporeal shock waves(review).Journal of Orthopaedic Surgery and Research 2013 8:31

[0100] [4]U.S.Patent No.8,672,721 entitled"High power discharge fuel igniter"by L.Camilli

[0101] [5]U.S.Patent No.5,245,988 entitled"Preparing a circuit for the production of Shockwaves"by W.Einars,et al.

[0102] [6]U.S.Patent No.4,005,314 entitled"Short pulse generator"by M.Zinn

[0103] [7]German Patent No.DE 3150430 C1 entitled"Circuit for generating an underwater discharge"by G.Heine,et al.

[0104] [8]U.S.Patent No.3,604,641 entitled"Apparatus for hydraulic crushing" by B.R.Donoghue,et al.

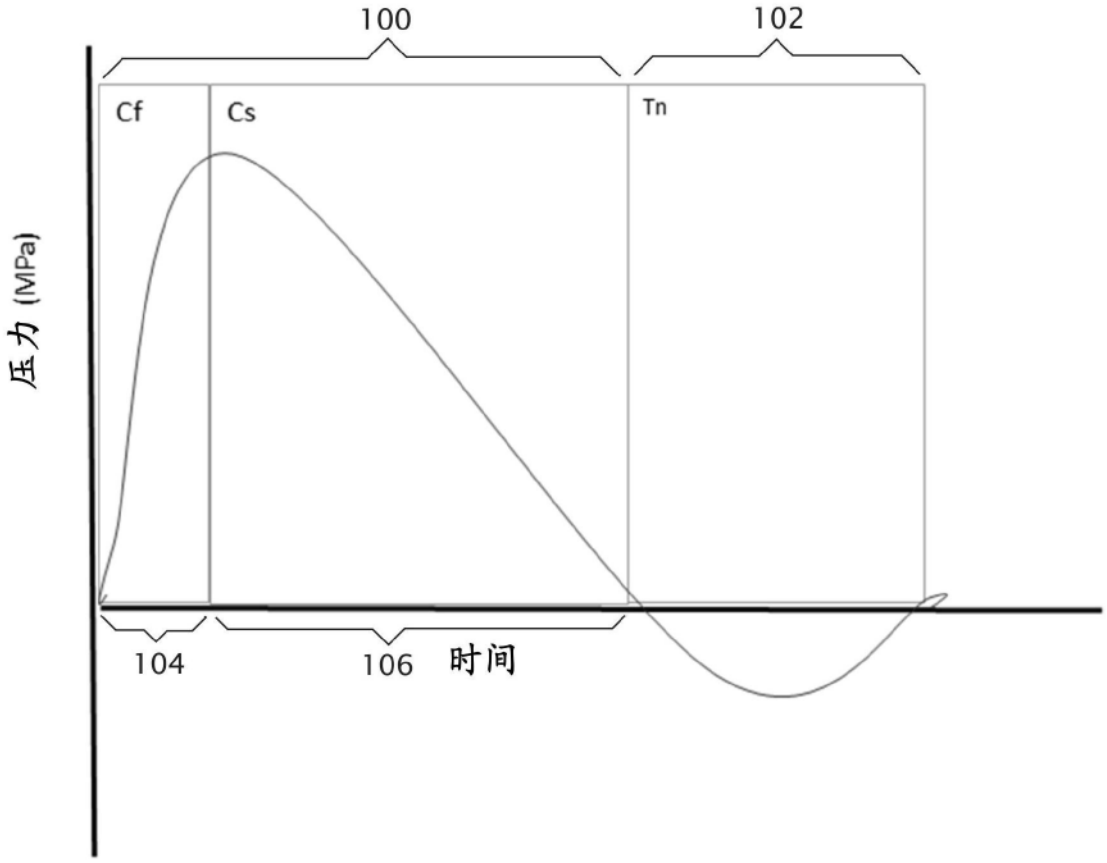


图1

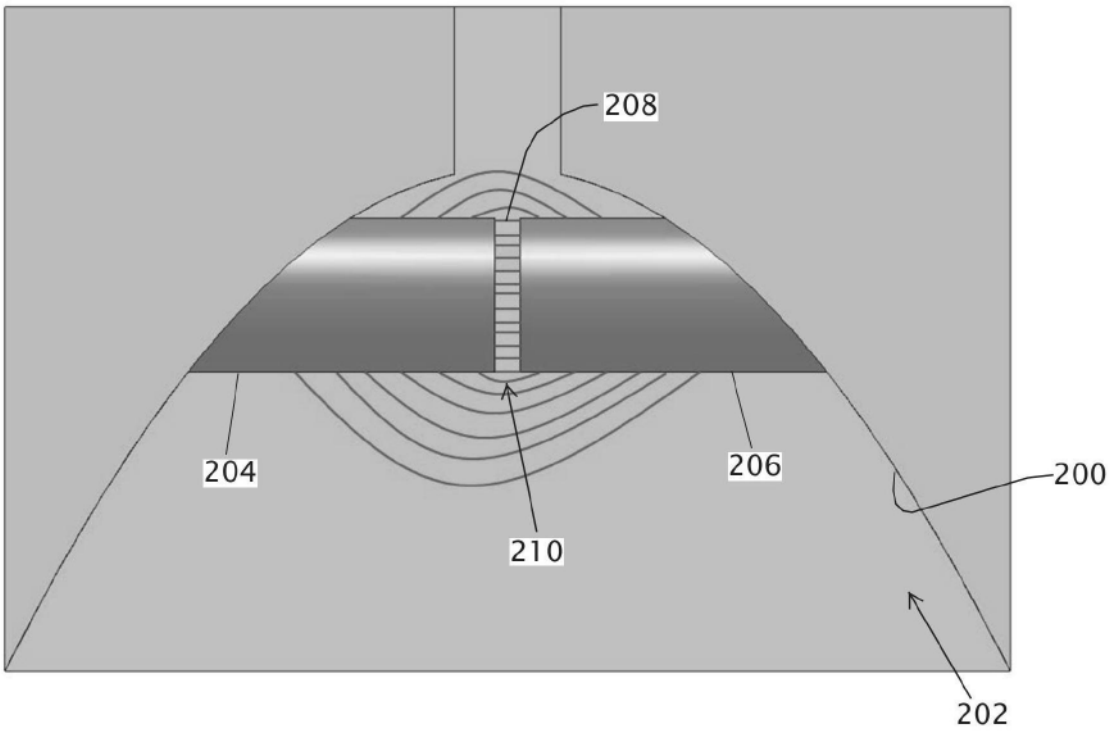


图2A

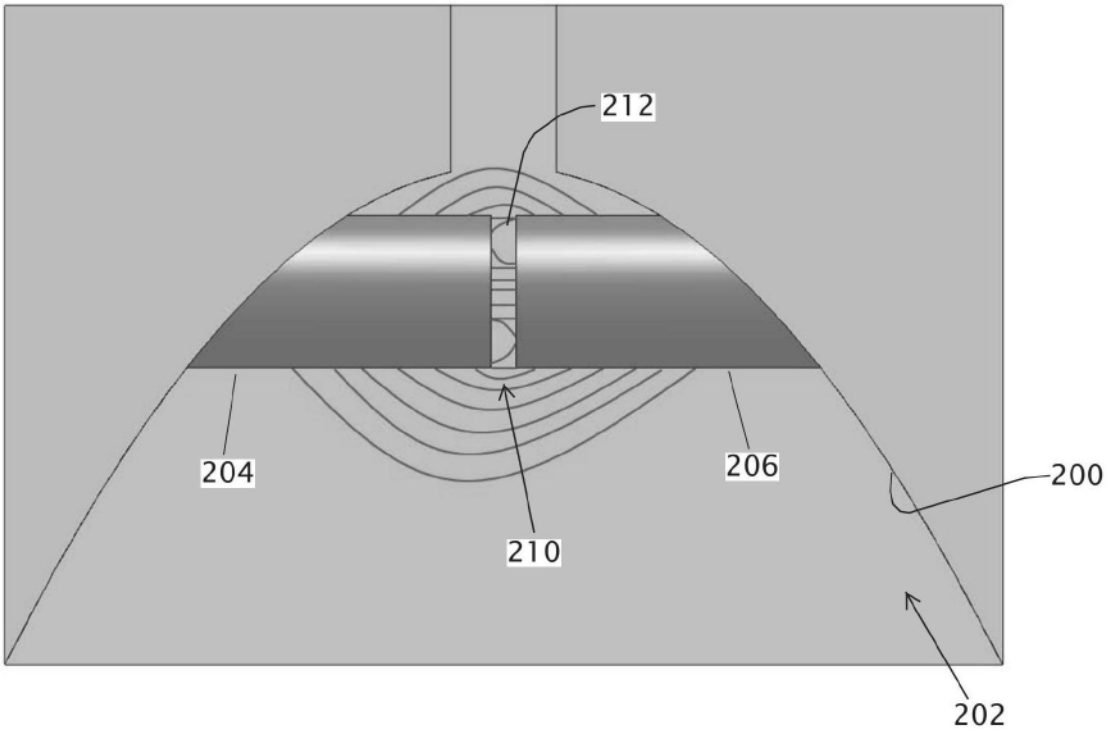


图2B

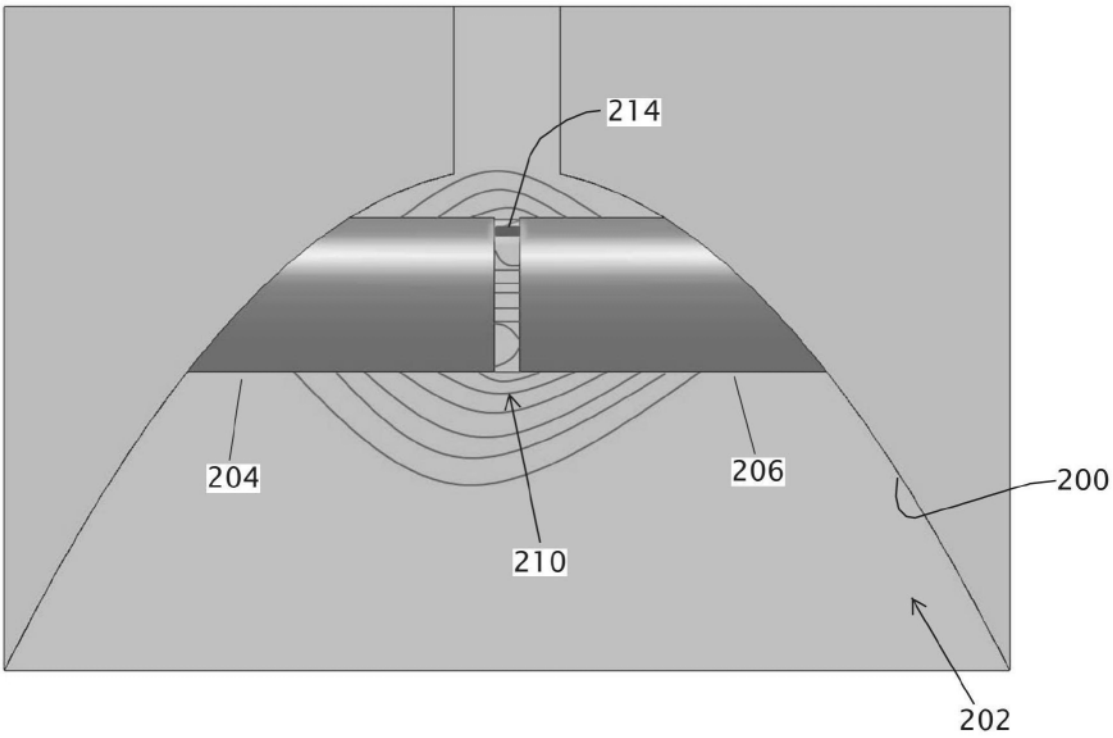


图2C

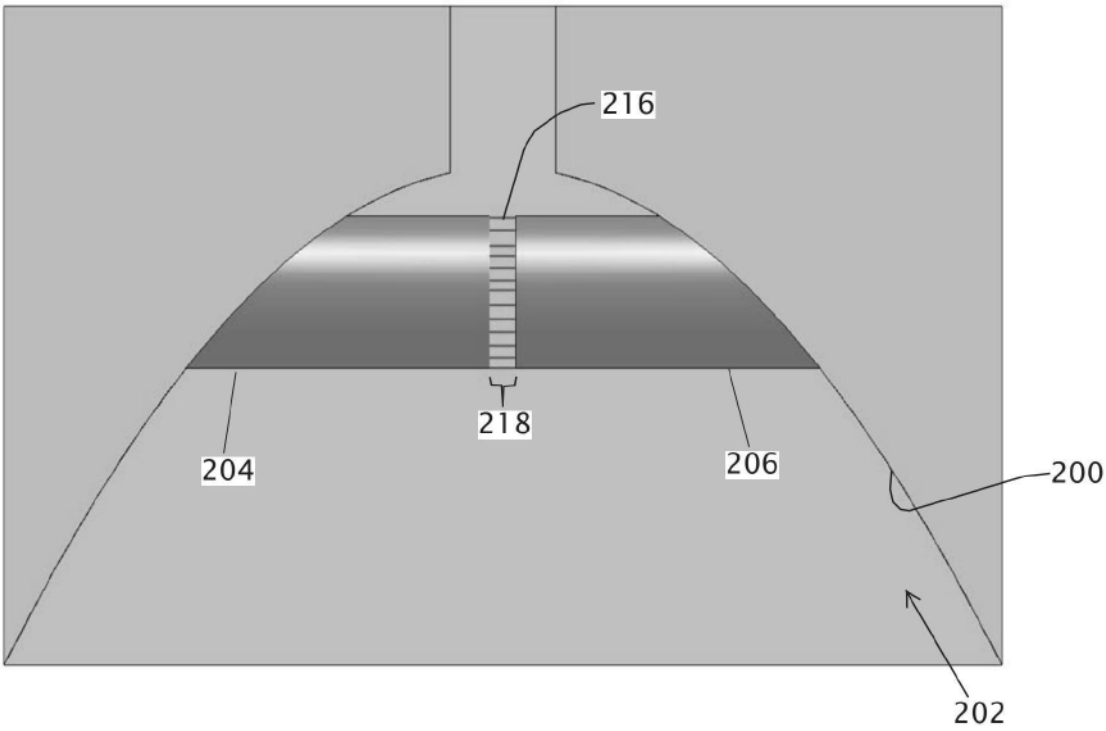


图2D

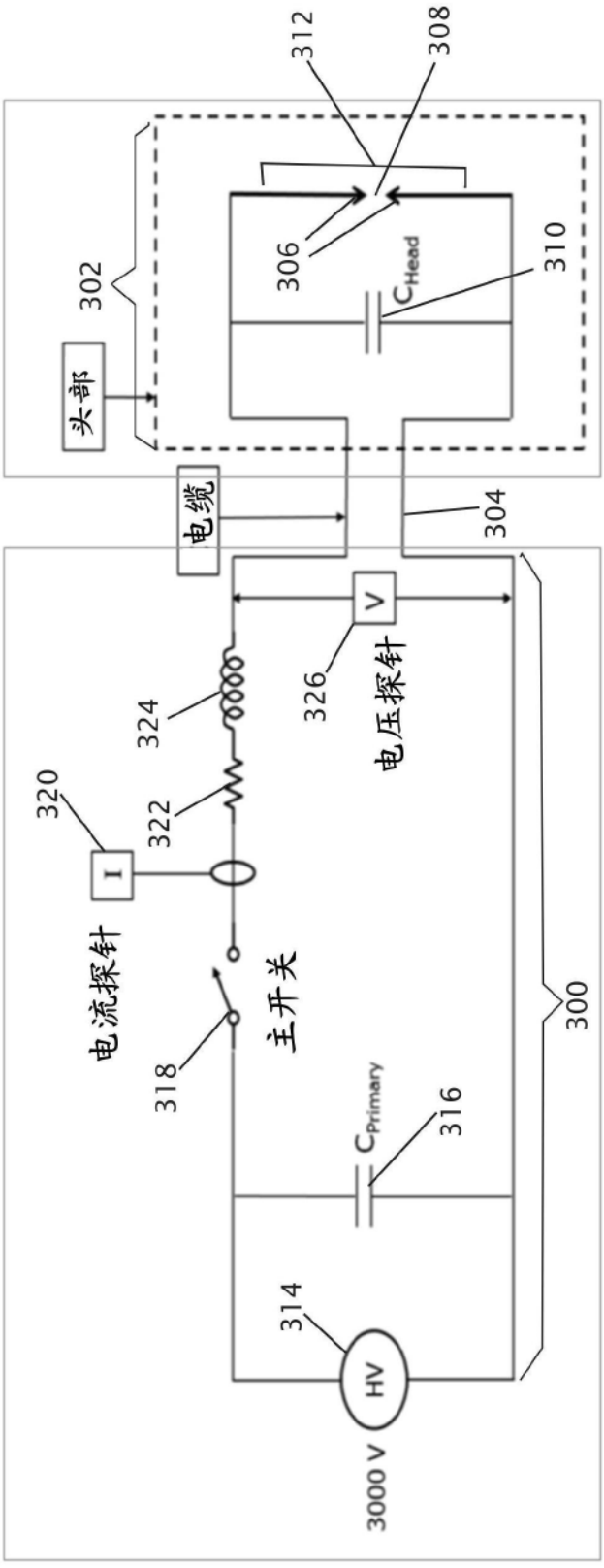

312
308
306
310
302
头部
C_{Head}
电缆
304
V
326
电压探针
324
322
320
I
电流探针
主开关
318
$C_{Primary}$
316
300
314
HV
3000 V

图3

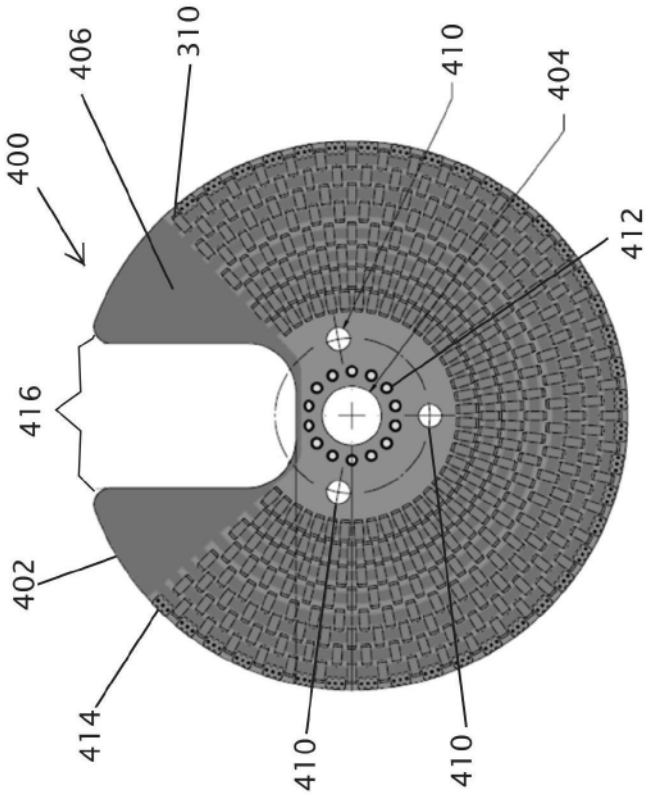

406
310
410
404
400
412
416
402
414
410
410

图4A

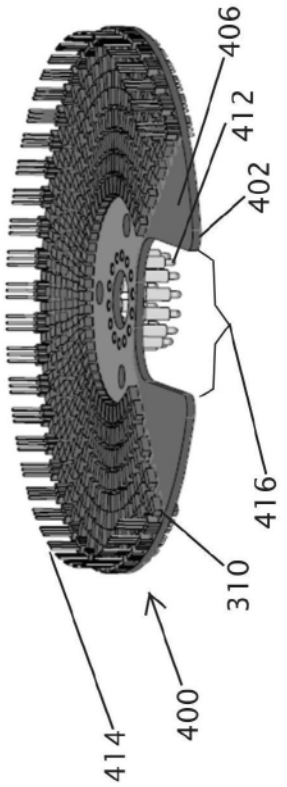

406
412
402
416
310
400
414

图4B

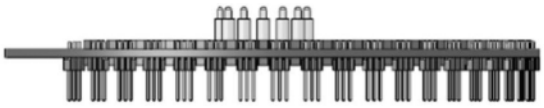


图4C

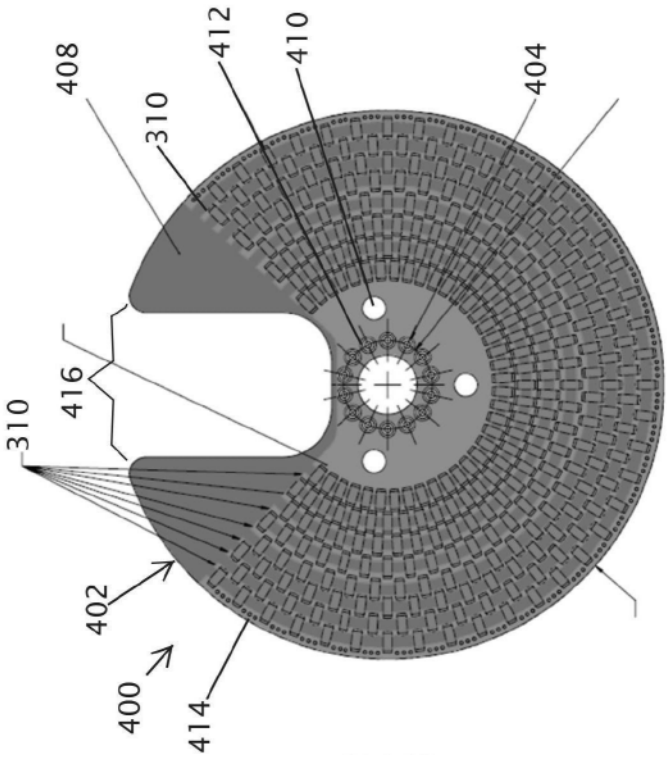


图4D

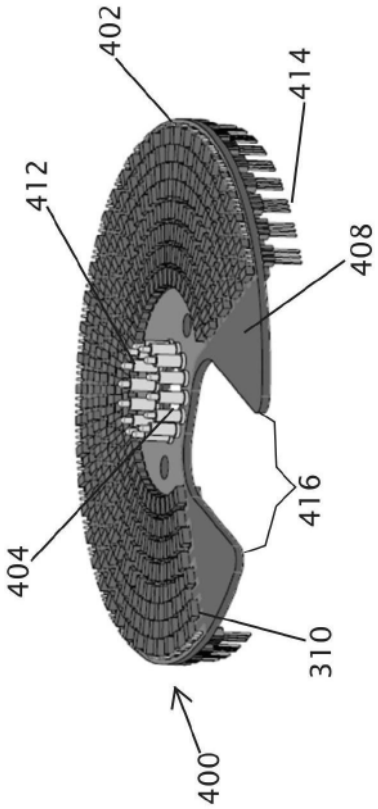


图4E

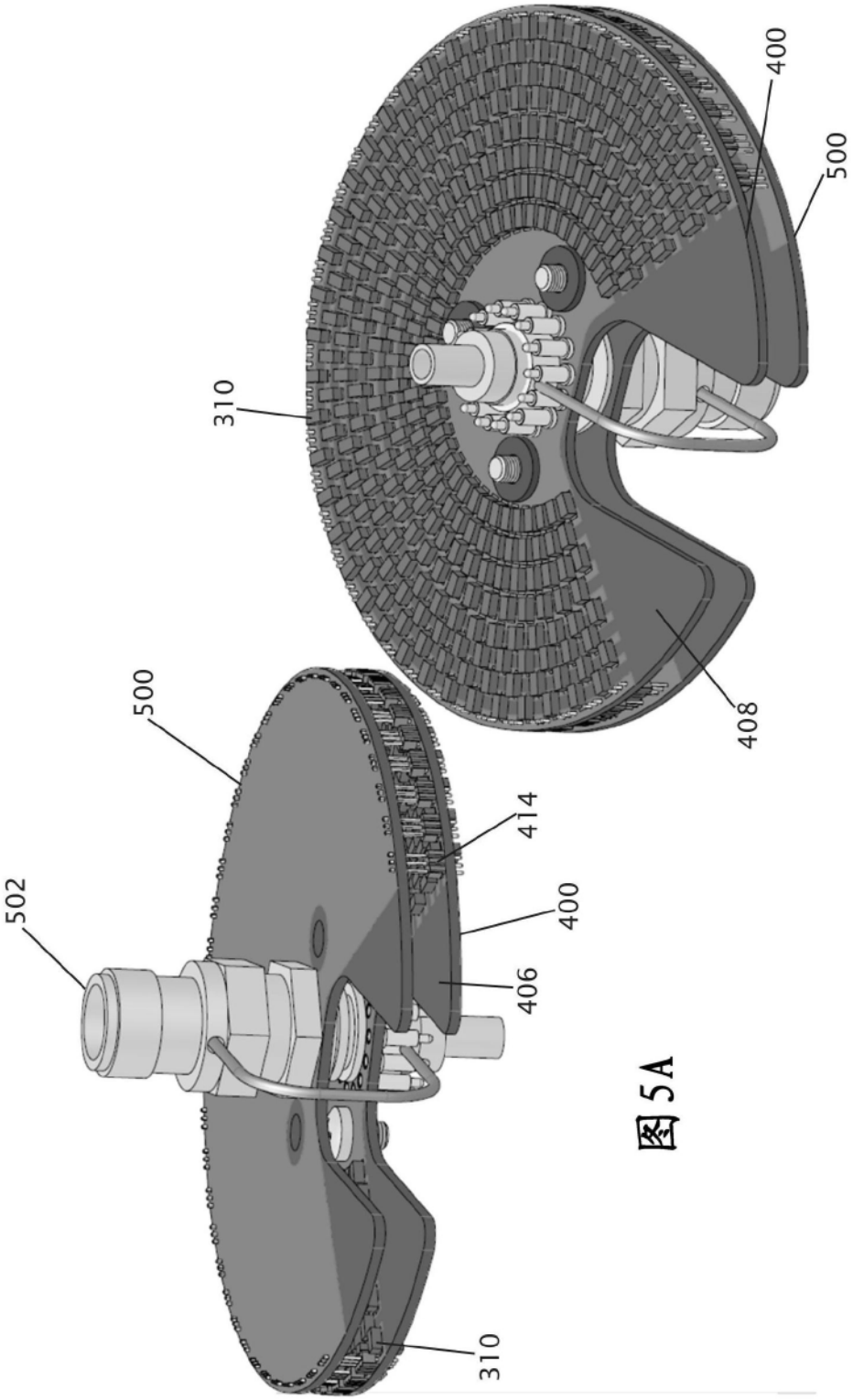


图5B

图5A

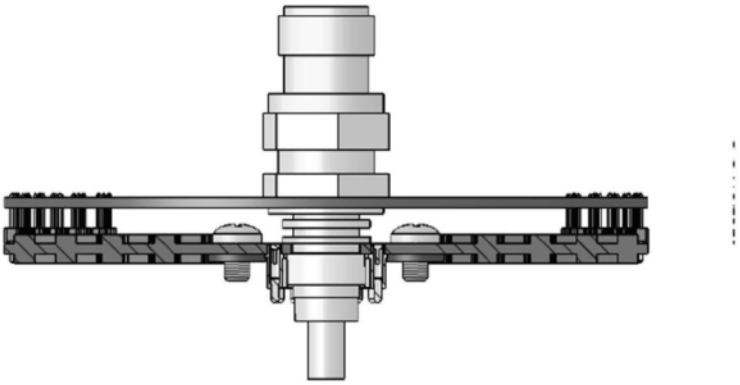


图5C

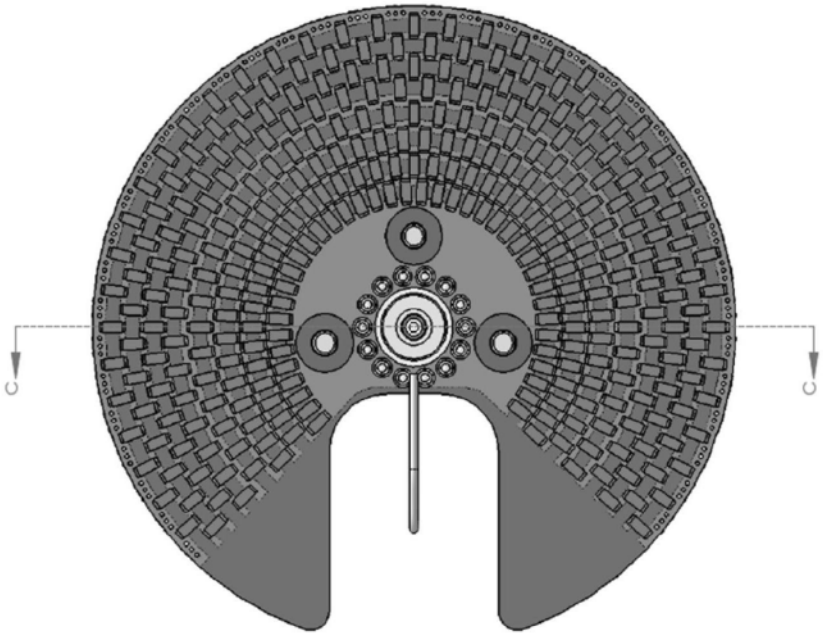


图5D

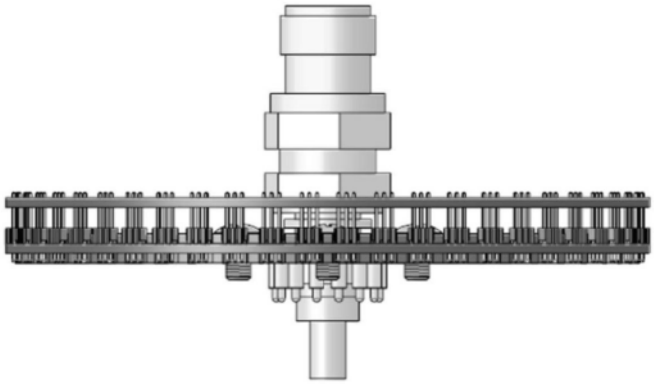


图5E

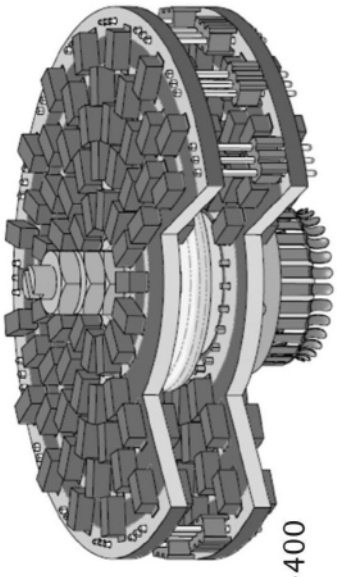


图6B

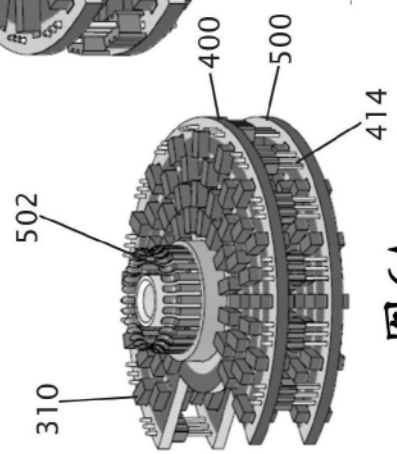


图6A

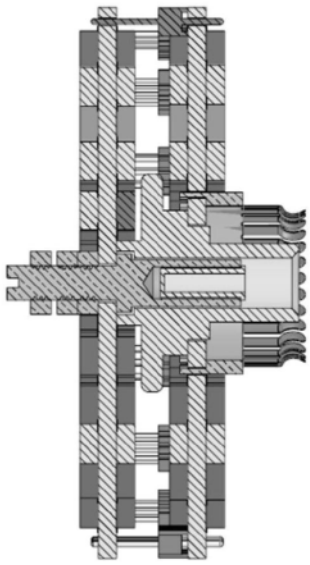


图6C

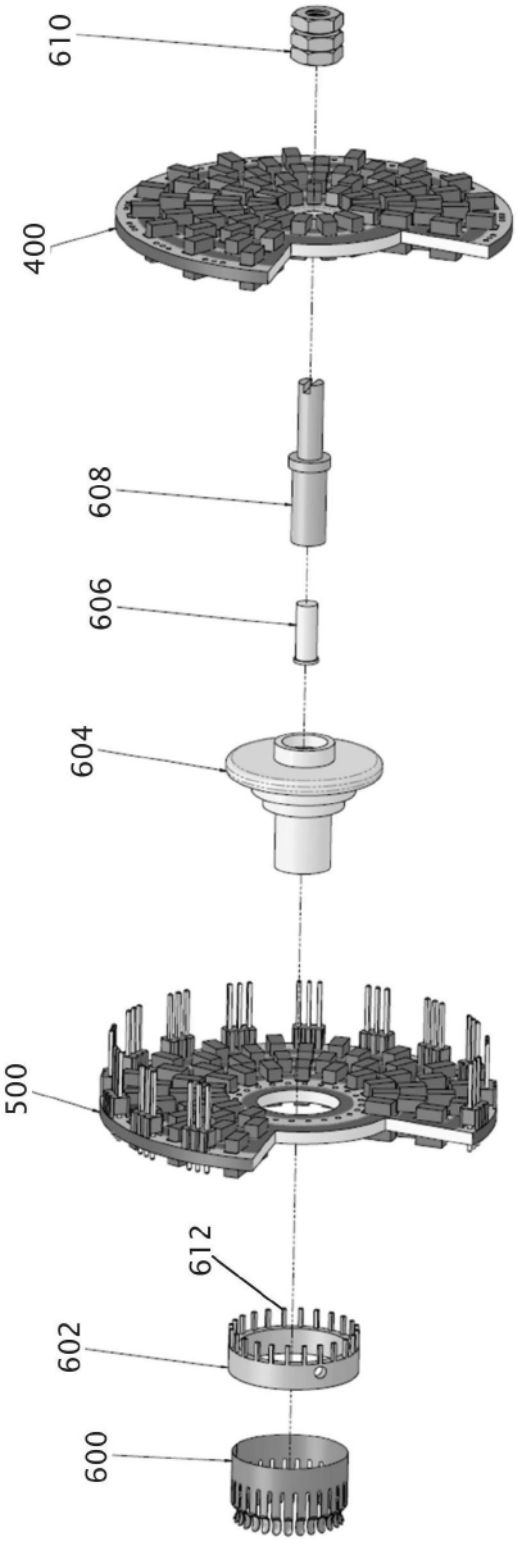


图6D

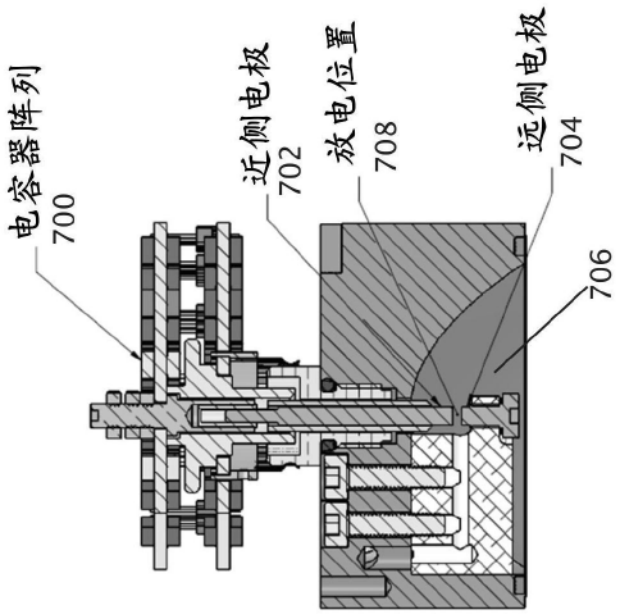


图7A

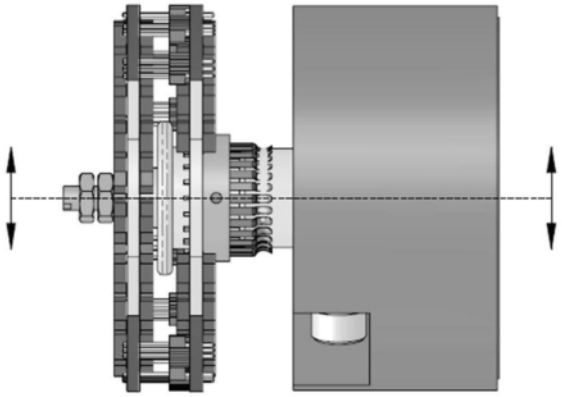


图7B

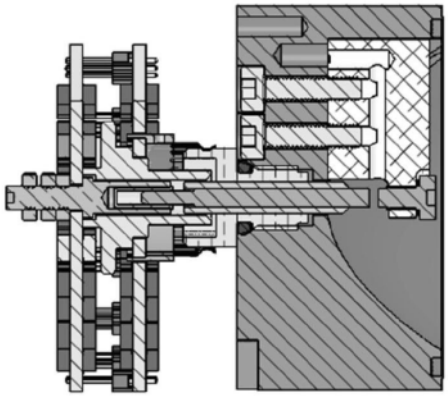


图7C

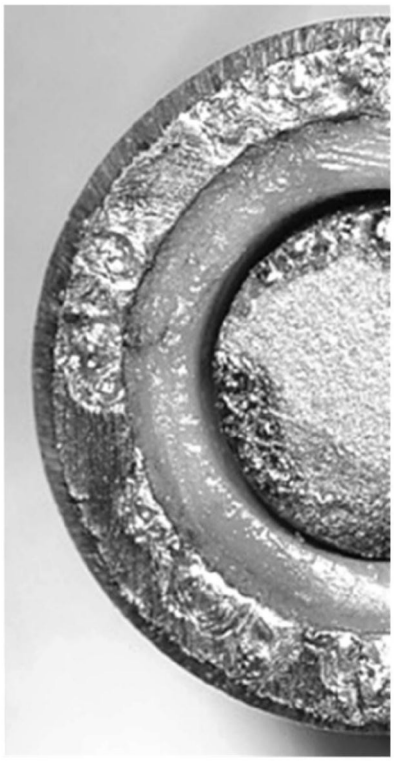


图8A

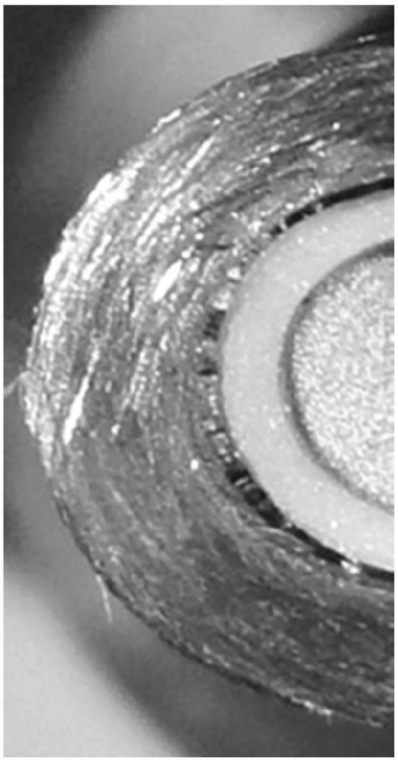


图8B

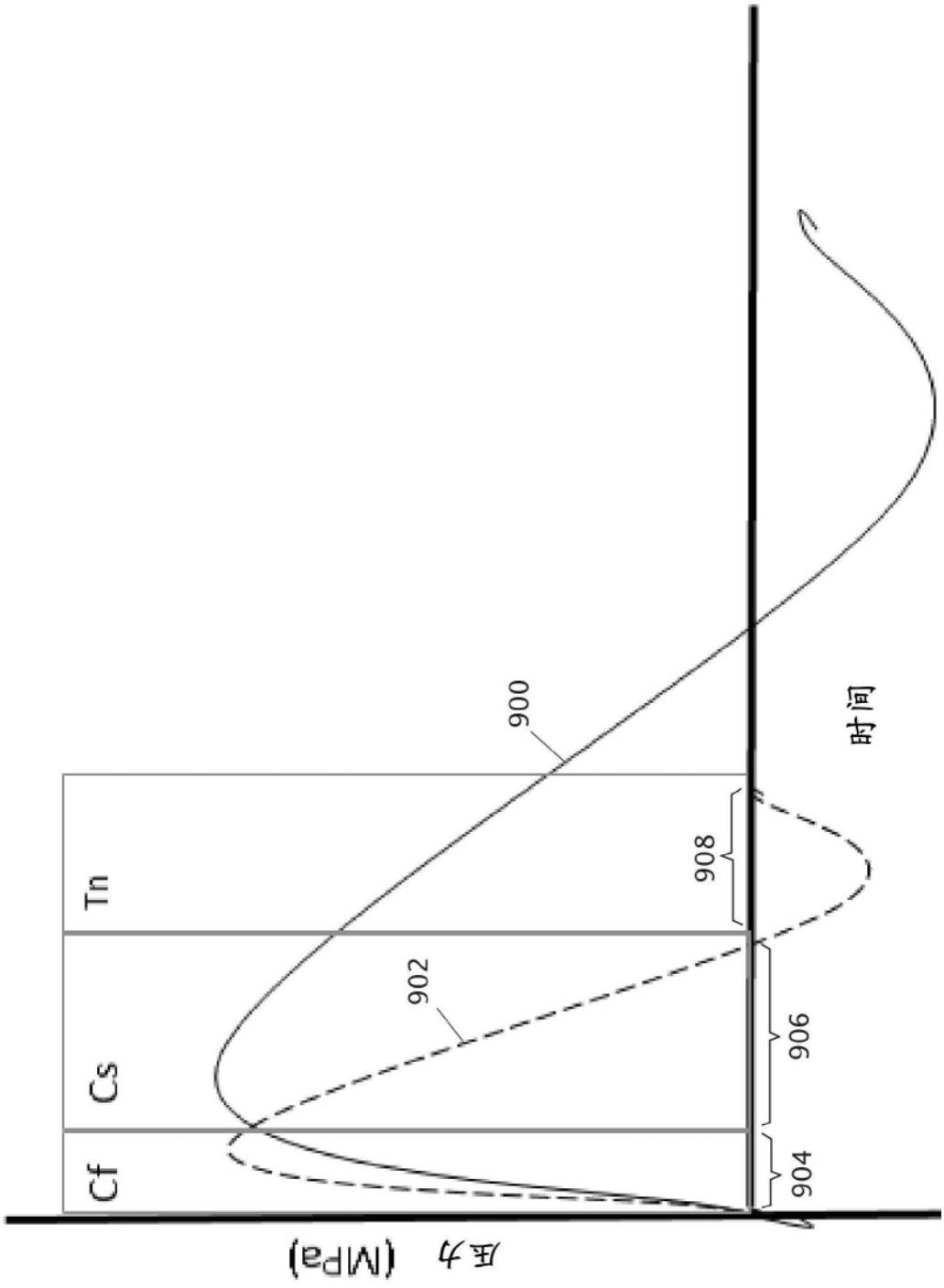


图9

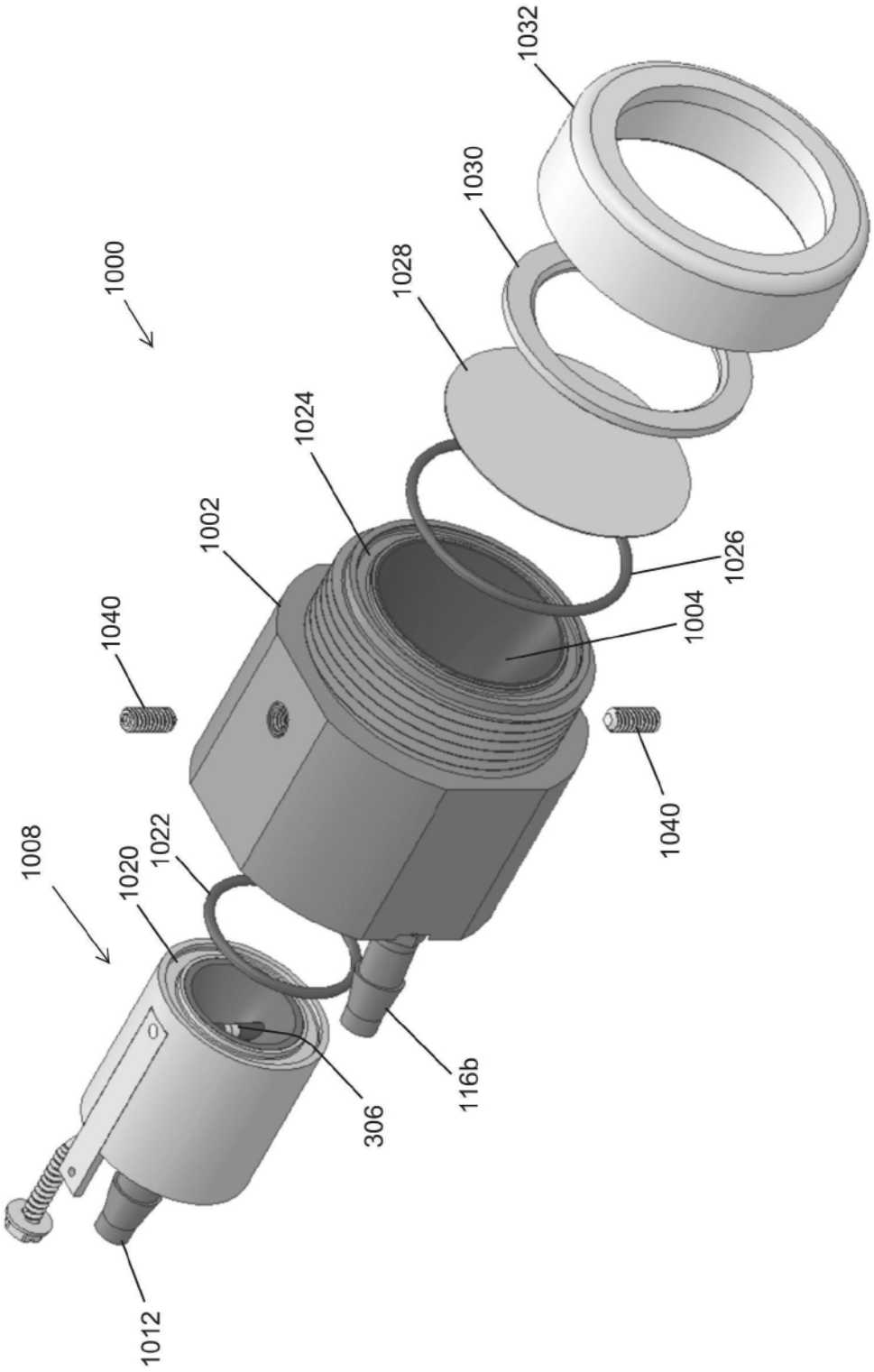

1032
1030
1028
1000
1024
1002
1026
1004
1040
1040
1008
1020
1022
116b
306
1012

图10

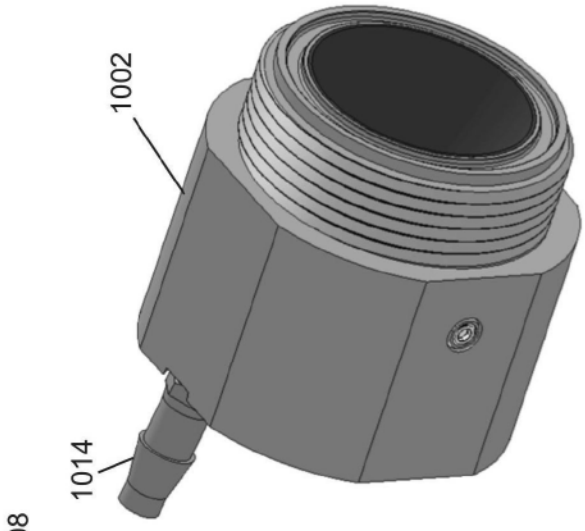

1002
1014

图11B

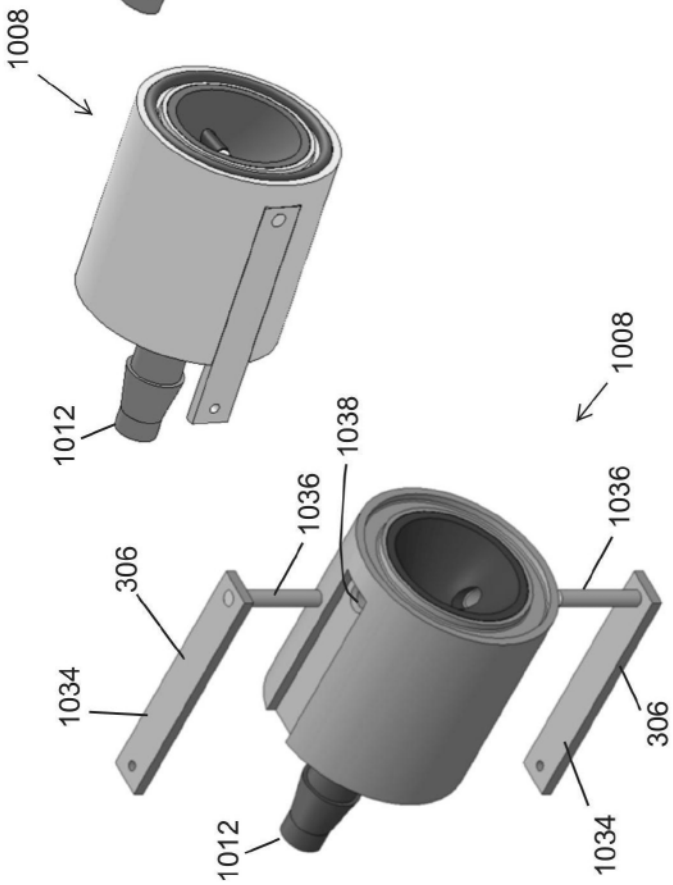

1008
1012
1008
1038
1036
1036
306
1034
306
1012
1034

图11A

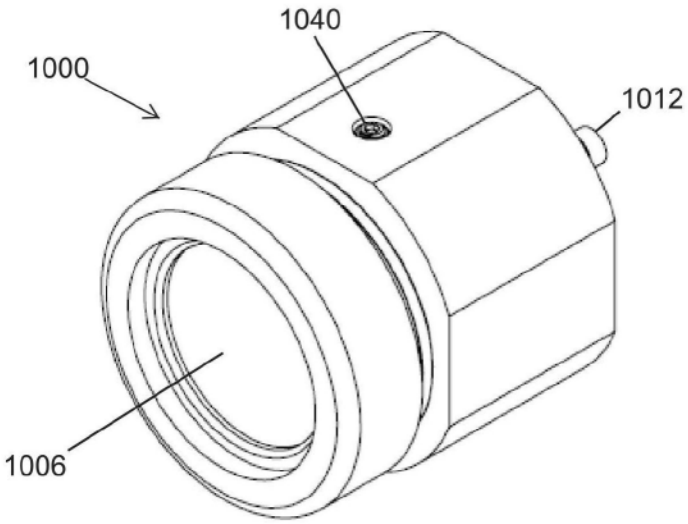

1040
1000
1012
1006

图12A

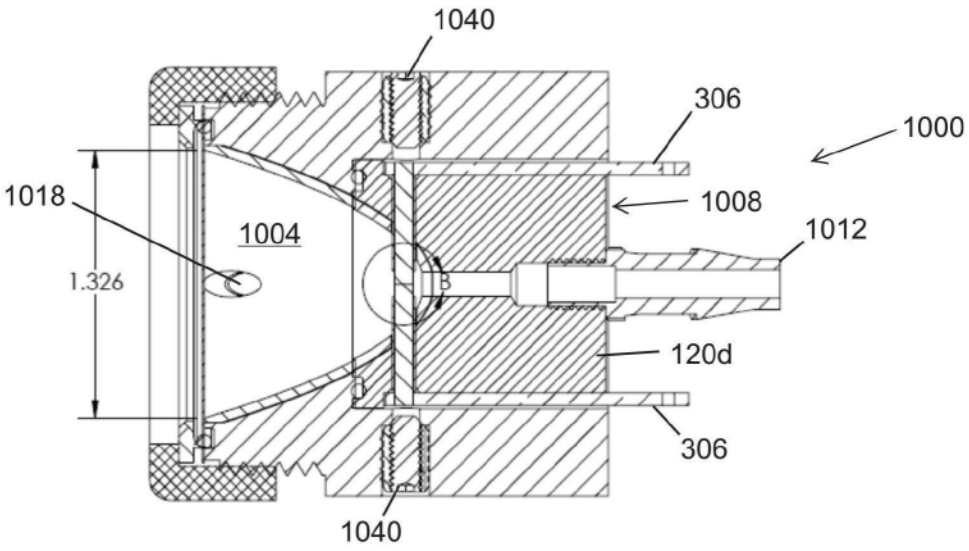

1040
306
1000
1018
1008
1004
1012
1.326
120d
306
1040

图12B

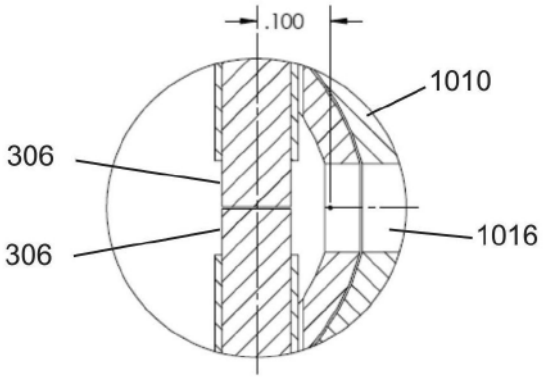


图12C