

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580045853.6

[51] Int. Cl.

B23K 20/10 (2006.01)
G01H 13/00 (2006.01)
B29C 65/08 (2006.01)
G01H 1/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年7月15日

[11] 授权公告号 CN 100513045C

[22] 申请日 2005.12.29

[21] 申请号 200580045853.6

[30] 优先权

[32] 2005.1.3 [33] US [31] 60/640,978

[86] 国际申请 PCT/US2005/047544 2005.12.29

[87] 国际公布 WO2006/074101 英 2006.7.13

[85] 进入国家阶段日期 2007.7.3

[73] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 萨丁德尔·K·纳亚尔

唐纳德·S·奥布拉克

保罗·M·费蒂格

唐纳德·L·泊察尔特

[56] 参考文献

WO96/14202A2 1996.5.17

US4587958 1986.5.13

US6336803B1 2002.1.8

CN1542933A 2004.11.3

审查员 刘文韬

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 黄启行 穆德骏

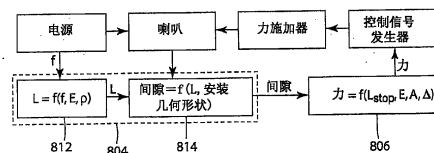
权利要求书 3 页 说明书 24 页 附图 12 页

[54] 发明名称

通过监控振动体的共振频率确定振动体和固定点之间间隙的方法和系统

[57] 摘要

一种用于监控振动体和基准之间间隙的系统和方法，其通过监控振动体的共振频率获得。振动体的一部分通过刚性安装系统固定在距离基准给定距离。振动体的共振频率被接收。然后，基于共振频率，确定与间隙长度的近似改变保持已知关系的量。



1. 一种用于监控振动体和基准之间的间隙的方法，其中振动体的部分由刚性安装系统固定在距离基准给定距离，该方法包括：

接收振动体的共振频率；

基于共振频率，确定与间隙长度的改变保持已知关系的量；以及
调节所述振动体的固定部分和基准之间的给定距离，以基本保持不变间隙长度。

2. 权利要求 1 的所述方法，其中振动体是复合物。

3. 权利要求 2 的所述方法，其中复合物振动体包含转换器、调压器和超声喇叭。

4. 权利要求 1 的所述方法，其中确定与间隙长度的改变保持已知关系的量的行为包括：

访问表，从而获得对应于所述共振频率的间隙长度。

5. 权利要求 1 的所述方法，其中确定与间隙长度的改变保持已知关系的量的行为包括：

访问表，从而获得对应于共振频率两侧的频率的第一和第二间隙量；以及

在第一和第二间隙量之间插值，从而得出间隙长度。

6. 权利要求 1 的所述方法，其中确定与间隙长度的改变保持已知关系的量的行为包括：

作为振动体的共振频率和材料特性的函数计算振动体的长度。

7. 权利要求 6 的所述方法，材料特性包括所述振动体的密度。

8. 权利要求 6 的所述方法,材料特性包括所述振动体的弹性系数。

9. 权利要求 1 的所述方法,还包含:
检测所述振动体的共振频率。

10. 权利要求 1 的所述方法,其中调节所述振动体的固定部分和基准之间的给定距离是基于所述振动体的共振频率来进行的。

11. 权利要求 10 的所述方法,其中,基于从所述振动体的共振频率得出的控制信号,调节振动体的固定部分和基准之间的给定距离。

12. 一种用于施加超声能量到工件的系统,该系统包括:

喇叭组;

安装系统,喇叭组安装在该安装系统上;

耦合到喇叭组的能量源;

具有用于支持工件的表面的砧台;

控制器,配置成接收所述喇叭组的共振频率,并且确定与喇叭组和砧台之间的间隙的改变保持已知关系的量;以及

耦合到所述喇叭组的位置调节系统,用于调节喇叭组的位置,以在系统操作期间保持所述喇叭组和所述砧台之间的基本不变的间隙。

13. 权利要求 12 的所述系统,其中所述喇叭组包括:

转换器、调压器和喇叭。

14. 权利要求 12 的所述系统,其中安装系统基本上在所述喇叭组的节点处与喇叭组配合。

15. 权利要求 12 的所述系统,其中所述喇叭组具有喇叭围绕其转动的纵向轴,并且,其中纵向轴基本上与所述砧台的支持表面平行。

16. 权利要求 12 的所述系统，其中喇叭组具有纵向轴，并且其中纵向轴基本上垂直于所述砧台的支持表面。

17. 权利要求 13 的所述系统，还包括冷却系统，用于在系统操作期间冷却所述转换器和调压器。

18. 权利要求 17 的所述系统，其中，冷却系统防止在系统操作期间调压器和转换器的显著热膨胀。

19. 权利要求 12 的所述系统，其中所述位置调节系统基于所述喇叭组的共振频率来调节所述喇叭组的位置。

20. 权利要求 12 的所述系统，其中所述位置调节系统基于从所述喇叭组的共振频率生成的控制信号来调节所述喇叭组的位置。

通过监控振动体的共振频率
确定振动体和固定点之间间隙的方法和系统

技术领域

本发明涉及一种用于确定振动体和固定点之间间隙的方法和系统，更具体地，涉及基于振动体的共振频率得出这样一种测定的方法和系统。

背景技术

在超声焊接中（有时称作“声学焊接”或者“声波焊接”），待连接的两个部件（典型地是热塑部件）被接近被称作超声“喇叭”的器械放置，该超声喇叭用于提供振动能量。这些部件（或者“工件”）被限制在喇叭和砧台之间。喇叭时常定位在工件和砧台的垂直上方。该喇叭典型地以 20,000Hz 到 40,000Hz 振动，典型地以摩擦热的形式，在压力下，将能量传递到部件。由于摩擦热和压力，至少其中一个部件的一部分变软或者融化，从而接合这些部件。

在焊接过程期间，交流（AC）信号提供到喇叭组上，该喇叭组包括转换器、调压器和喇叭。该转换器（也称作“变换器”）接收 AC 信号，并通过以与 AC 信号相等的频率压缩和扩张来进行响应。因此，声波穿过转换器到调压器。当声波波前传播通过调压器时，它被放大，并由喇叭接收。最后，波前传播通过喇叭，并被给予到工件上，从而将它们焊接在一起，如前所述。

另一种类型的超声焊接是“连续超声焊接”。这种类型的超声焊接典型地用于密封纤维和薄膜，或者其它“网”工件，其可以以一种通常连续的方式通过焊接设备供给。在连续焊接中，超声喇叭典型地是固定的，并且待焊接的部件在它下面移动。一种类型的连续超声焊

接利用一个转动固定的棒喇叭和转动砧台。该工件被供给在棒喇叭和砧台之间。喇叭典型地纵向向工件延伸，并且振动沿着喇叭轴向传送到工件中。在另一个类型的连续超声焊接中，该喇叭是转动式，该喇叭是圆柱形，并且围绕纵向轴转动。输入振动是在喇叭的轴向上，输出振动是在喇叭的径向上。该喇叭靠近砧台放置，其典型地也能够转动，以致要焊接的工件以线性速度通过圆柱表面之间，该速度基本上等于圆柱表面的切向速度。这种类型的超声焊接系统描述在美国专利申请 No.5,976,316 中，其通过参考全部包括在这里。

在每个上述超声焊接技术中，待接合的工件在焊接过程期间被布置在喇叭和砧台之间。一种焊接的方式是通过固定喇叭和砧台之间的间隙。喇叭和砧台之间的间隙在工件正在被接合时产生了保持工件在适当位置的固定力。为了产生均匀、可靠的焊接操作，所希望的是保持在喇叭和砧台之间的固定间隙。

在操作期间，喇叭组的一个或多个部件，包括喇叭本身，通常经历温度上升。因此，喇叭组通常经历了热膨胀，随着喇叭组膨胀，喇叭和砧台之间的间隙减小-这是不利于前述产生均匀、可靠焊接操作目的的结果。

如前面所建议的，当前现有的超声焊接方案展现了一个缺点，由于喇叭组和砧台之间的间隙在后续焊接操作期间渐渐变窄。

发明内容

根据这个背景，发展了本发明。根据一个实施例，一种用于监控振动体和基准之间的间隙的方法，其中振动体的一部分通过刚性安装系统固定在距离基准给定距离，包括接收振动体的共振频率。基于共振频率，确定与间隙长度的大致改变保持已知关系的量。

根据另一个实施例，一种用于施加超声能量到工件的系统，包括

喇叭组和安装系统，喇叭组安装在安装系统上。能量源耦合到喇叭组。该系统还包括具有用于支持工件的表面的砧台。控制器被配置成接收喇叭组的共振频率，并且确定与喇叭组和砧台之间的间隙的改变保持已知关系的量。

根据又一个其它实施例，一种用于施加超声能量到工件的系统，包括喇叭组和安装系统，喇叭组安装在安装系统上。系统还包括耦合到喇叭组的能量源以及具有用于支持工件的表面的砧台。该系统还包括用于确定与喇叭组和砧台之间的间隙的改变保持已知关系的量的装置。

附图说明

图 1 描绘了耦合到能量源的简单超声焊接喇叭组的实施例。

图 2 描绘了耦合到图 1 的超声焊接喇叭组的安装系统的实施例。

图 3 描绘了用于确定喇叭和砧台之间的间隙长度的系统的实施例。

图 4A 描绘了可以用作间隙确定部件的部分的表的示例性实施例。

图 4B 描绘了确定间隙长度方法的示例性实施例。

图 5A 描绘了用在连续超声焊接操作中的简单转动超声焊接喇叭的实施例。

图 5B 描绘了确定间隙长度的方法的示例性实施例。

图 6 描绘了用于保持焊接喇叭和砧台之间基本不变的间隙的系统的示例性实施例。

图 7 描绘了用于调节超声焊接系统中喇叭和砧台之间间隙的系统的示例性实施例。

图 8A 描绘了用于保持超声焊接系统中喇叭和砧台之间的基本不变间隙的系统的示例性实施例。

图 8B 描绘了用于保持超声焊接系统中喇叭和砧台之间的基本不变间隙的系统的另一示例性实施例。

图 9A 描绘了力确定部件的示例性实施例。

图 9B 描绘了力确定部件的示例性实施例。

图 10 描绘了一个用于调节超声焊接系统中喇叭和砧台之间间隙的系统的示例性实施例。

图 11A 描绘了由沿着喇叭的纵向轴传播的声信号驱动的喇叭的表面。

图 11B 描绘了由比图 11A 中声信号幅度更小的沿着喇叭的纵向轴传播的声信号驱动的喇叭的表面。

图 12A 描绘了用于控制喇叭和砧台之间的间隙的系统的示例性实施例。

图 12B 描绘了用于控制喇叭和砧台之间的间隙的系统的另一个示例性实施例。

图 13 描绘了用于结合调节器和幅值确定模块的操作的方法的示例性实施例。

图 14 描绘了用于结合调节器和幅值确定模块的操作的方法的另一示例性实施例。

具体实施方式

参考附图描述本发明的各个实施例，其中，在多个视图中相同参考数字都代表相同的部件和组件。对各个实施例的参考不限制本发明的范围，本发明的范围仅由这里附加的权利要求的范围限定。此外，任何在该说明书中阐述的实施例均不是倾向于限制，而是仅阐述了对于要求保护的发明的许多可能实施例中的一些。

图 1 描绘了简单的喇叭组 100 的实例，该喇叭组耦合到 AC 电能源 102。如从图 1 中可见，喇叭组 100 包括转换器 104、调压器 106 以及超声焊接喇叭 108。在操作期间，AC 源施加电能到转换器 104，其通过以与 AC 信号相等的频率压缩和扩张来进行响应。因此，声波通过转换器 104 传送到调压器 106。当声波波前传播通过调压器 106 时，它被放大，并且由焊接喇叭 108 接收。（在一些实施例中，喇叭 108 被设计成获得增益，消除对于调压器 106 的需要）。最后，波前传播通

过喇叭 108，于是，它被给予到定位在焊接喇叭 108 和砧台 110 之间的工件（图 1 中未示出）。喇叭组的其它实例在现有技术中是公知的，并且利用下面系统、方案和方法来起作用。

喇叭 108 与砧台 110 分隔图 1 中以“间隙”标记的距离。给予摩擦能量到工件的过程引起了喇叭组 100 的各个元件温度上升。当喇叭组 100 的元件温度上升时，它们展现出了热膨胀，意味着喇叭 108 和砧台 110 之间的间隔很可能在尺寸上改变，这取决于喇叭组 100 安装的特定方式。

图 2 描绘了对于图 1 的喇叭组 100 的简化示例性安装方案。安装方案利用了刚性的、通常分成三部分的框架 200。该框架 200 包括第一部分 202，在该部分上安装有砧台 110，以及第二部分 206，第二部分与喇叭组 100 上的节点邻接。例如，框架的第二部分 206 在图 2 中描绘为与调压器 106 的中点 208 耦合。框架 200 的第三部分 204 在第一和第二部分 202 和 206 之间延伸。

安装系统 200 保持砧台 110 的工件支持表面 210 和喇叭组 100 的一部分之间的基本固定距离。在这种情况下，安装系统 200 保持了砧台 110 的上表面 210 和调压器 106 的中点/节点 208 之间的基本固定距离。因此，在操作期间喇叭组 100 应该膨胀，喇叭组 100 从调压器 106 的中点 208 向外沿着组 100 的纵向轴膨胀，如图 2 中以“膨胀”标记的箭头所指示的。应该理解的是多种其它安装系统也可以保持砧台 110 的上表面 210 和喇叭组 100 的一部分之间的基本固定距离，并且这种其它安装系统在本申请的范围之内。

假定图 2 的安装布置，转换器 104 和调压器 106 上部分的热膨胀在间隙长度上没有产生效果（因为这些元件相对于框架 200 接合组 100 的点 208 的位置，这些元件自由地向上膨胀，也就是，远离砧台 110）。另一方面，间隙长度受到调压器 106 下部分膨胀和喇叭 108 膨胀的影

响-随着这些元件膨胀，它们向着砧台 110 膨胀，间隙收缩。

根据一个实施例，转换器 104 和调压器 106 保持在基本不变的温度。例如，转换器 104 和调压器 106 可以通过冷却系统冷却，例如通过一个或多个循环相对冷的空气到转换器 104 和调压器 106 的表面的风扇，以致基本保持它们的温度，并且由此基本抑制它们的膨胀。因此，根据这样一个实施例，任何喇叭组 100 长度上的改变可以认为是基本上由于焊接喇叭 108 的膨胀。

此外，根据一些实施例，喇叭 108 通过冷却系统冷却，以致在操作期间抑制或降低变热的倾向。通常，这样一种方案不能完全消除喇叭 108 的热膨胀，意味着它仍展示出一些程度的热膨胀，如果要保持间隙长度基本不变，那么应该给予考虑这一点。

公知的是，给定体的长度与给定体的共振频率成反比例。用另一种方式阐述，当体长度增长时，它展示了更低的共振频率。因此，当喇叭组 100 长度增长时，如所发生的，例如通过热膨胀效力，它展示出了更低的共振频率。具体的，体的长度， l ，通过下述等式与它的共振频率 f 相关：

$$l \approx \frac{\sqrt{E/\rho}}{2f},$$

其中， E 代表物体的弹性系数， ρ 代表物体的密度。如果物体是复合物（例如，由多个部件构成，或者具有由不同材料形成的多个部分，等），考虑它的各个部件， E 和 ρ 可以被赋予代表这些材料性能的值（例如，可以是加权平均值等）。

根据一些实施例，能量源 102 检测喇叭组 100 的共振频率 f ，为了生成与之频率相等的 AC 信号。例如，能量源 102 可以提供给喇叭组 100 展示出特定峰峰电压（或者均方根电压）的正弦信号。在保持正弦

信号的峰峰（或者 RMS）电压不变的同时，能量源 102 调节信号的频率，找到喇叭组 100 提取最小电流的频率——该频率是喇叭组 100 的共振频率。因此，每个这种实施例，组 100 的共振频率可以从能量源 102 获得。根据其它实施例，组 100 的共振频率可以利用检测器通过观察组 100 来检测到。

在获得喇叭组 100 的共振频率之后，组 100 的全部长度可以通过与前述物理原理相似的方式，通过将共振频率与喇叭组长度相关来获得。假定转换器 104 和调压器 106 冷却，以致基本抑制了由此的热膨胀效果，喇叭组 100 的长度可以与间隙长度相关。例如，根据图 2 的方案，间隙长度和喇叭 108 的长度， l ，通过下述等式相关：

$$\text{间隙长度} \approx D-l,$$

其中 D 是代表喇叭 108 顶部和砧台 110 工件支持表面 210 之间长度的大致不变的值。

图 3 描绘了一种用于确定焊接喇叭 108 和砧台 110 的工件支持表面 210 之间的间隙长度的系统。图 3 的系统包括提供声信号到喇叭（和调压器）302 的超声电源 300（例如，提供 AC 信号到转换器而转换器接着将信号转换成声波的电源）。超声电源 300 由控制器电路来控制，例如，通过与存储控制超声电源 300 操作的固件/软件的存储设备进行数据通信的处理器来控制。可选择地，控制器电路可以实施为基于硬件的控制回路。在任何一个情况下，超声电源 300 的控制器识别喇叭组的共振频率，命令其中的电源信号发生电路与转换器合作以获得与之频率相等的声信号。电源 300 内的控制器可以与间隙确定部件 304 接口。

间隙确定部件 304 接收喇叭组的共振频率，并且生成与间隙长度保持已知关系的量。根据一个实施例，间隙确定部件 304 是在耦合到存储部件的处理器上执行的软件模块。间隙确定部件 304 可以在与其上执行控制超声电源 300 的固件的处理器相同的处理器上执行。可选

择地，它可以在与之进行数据通信的不同的处理器上执行。在任何一个情况下，由间隙确定部件 304 执行的软件/固件可以根据参考附图 4A-5B 讨论的方案（下面）运行。

根据可选择的实施例，间隙确定部件 304 可以从除了超声电源 300 之外的源接收喇叭组的共振频率。例如，该系统可以包括检测器 306，该检测器观察喇叭组，测量它的共振频率，并且传递该共振频率到间隙确定部件 304。在下面的讨论中，仅为了实例的目的，假定共振频率源自超声电源 300。

图 4A 描绘了一种间隙确定部件 304 可以利用其操作的方案。间隙确定部件 304 可以包括存储在存储设备中的表 400。该表 400 根据共振频率组织，并且将间隙长度 G 和共振频率 f 相关。因此，在接收到共振频率 f 之后，间隙确定部件 304 利用共振频率来访问表 400，并且确定对应于该共振频率 f 的间隙长度 G 。例如，假定间隙确定部件 304 接收频率 f_2 作为输入，部件 304 通过访问表 400 响应，以识别对应于频率 f_2 的行。在识别该行之后，返回输入到其中的间隙长度 G_2 。任选的，表 400 可以被访问从而确定喇叭组 100 的长度 L ，或者确定任何其它与间隙长度保持已知关系的量。假定间隙确定部件 304 接收值 f_x 作为输入，并且假定 f_x 落入连续表条目之间（也就是， $f_i < f_x < f_{i+1}$ ），于是，间隙确定部件 304 可以访问表 400，从而获得间隙长度值 G_i 和 G_{i+1} ，并且可以在两个值之间插值，从而得出对应于共振频率 f_x 的间隙长度。

表 400 中的各个条目可以事先利用启发式过程来填充，其中对于每个频率 f ，在表格 400 中记录喇叭组 100 的长度和间隙的长度。可选择地，表 400 中的各个条目可以以与上面描述的相似的方式通过理论计算来填充。

图 4B 描绘了间隙确定部件 304 可以利用其操作理论计算的另一个方案。例如，间隙确定部件 304 可以通过接收喇叭组 100 的共振频率

开始它的操作，如在操作 402 中所示。此后，基于共振频率，部件 304 通过使用基于例如在操作 404 中显示的等式隐含的物理原理的等式，来计算喇叭 108 的长度 L 作为响应。最后，如操作 406 中所示，基于从采用的安装方案出现的特定几何约束的知识，部件 304 可以将操作 404 中确定的长度 L 与间隙长度相关。例如，在图 2 的安装方案关系中，间隙长度可以得出为：

$$\text{间隙长度} = D - L,$$

其中， D 代表喇叭 108 的顶部和砧台 110 工件支持表面 210 之间的距离，并且 L 代表喇叭的长度。

图 5A 描绘了用于连续超声焊接的焊接喇叭 500 的实例。其中喇叭 500 包括喇叭 500 可以围绕其转动的纵向轴 502。喇叭 500 由安装系统约束（未在图 5A 中描绘），以致间隙保持在喇叭和砧台 504 之间。喇叭组可以安装在系统上的任何节点处。喇叭的纵向轴 502 基本上平行于砧台 504 的工件支持表面 506。

基于喇叭组的共振频率来确定喇叭和砧台之间的间隙长度的前述原理可应用到图 5 的喇叭 500。当材料热膨胀时，它们在所有方向上以相等比例膨胀。因此，描绘在图 5B 中的下述技术可以用于确定喇叭和砧台之间的间隙长度。

最初，如操作 508 中所示，焊接组的共振频率被接收。此后，喇叭 502 的长度 L ，基于频率，以与上述相似的方式确定（操作 510）。如前，图 5A 的焊接组被冷却，以致转换器（图 5A 中未示出）和调压器（图 5A 中未示出）在操作期间保持基本不变的温度，因此，抑制了它们的热膨胀和在系统共振频率上的效果。

由于喇叭 500 在所有尺寸上按比例膨胀，因此它的长度 L 和它的半径 B 之间的比率保持不变。因此，在计算喇叭 502 长度之后，它的半径可以通过将该长度与前述比率 B 相乘得出，如操作 512 所示。最

后，间隙的长度可以通过从喇叭 500 的纵向轴和砧台 504 的工件支持表面 506 之间的距离 D 减去半径获得，如操作 514 所示。

应该注意的是，与图 5B 描述的方法相关的结果存储在表内，如参考图 4A 描述的。因此，间隙长度，或者任何与之具有已知相关的值，基于喇叭组的共振频率，可以通过访问这样的表来获得。

图 6 描绘了基于观察喇叭组的共振频率用于保持喇叭和砧台之间基本不变间隙的控制系统。该系统包括喇叭组 600 和耦合到其上的电源 602。根据一个实施例，电源 602 确定喇叭组 600 的共振频率，如上所述。

位置调节器 606 耦合到喇叭组。在输入信号的控制下，位置调节器 606 朝向或者远离砧台地调节焊接组 600。在提供到调节器 606 的输入信号和它的对其响应之间存在已知的关系。位置调节器 606 与控制信号发生器 604 进行数据通信。控制信号发生器 604 接收喇叭组的共振频率作为输入，生成提供给位置调节器 606 的控制信号。给定喇叭组 600 的共振频率和位置调节器 606 的响应和它的输入信号之间的关系，控制信号发生器 604 产生保持砧台和喇叭之间基本不变间隙的控制信号。

控制信号发生器 604 可以实施为控制电路，例如与根据上述原理存储固件/软件的存储设备进行数据通信的处理器。它可以可选择地实施为产生上述控制信号的 ASIC，从而保持基本不变的间隙。在说明书的下述部分中，公开了位置调节器的特定实施例。不一定采用下面为了实践本发明而公开的位置调节器。而且，说明书的前述部分的目的在于基于喇叭组的共振频率来确定喇叭长度或间隙长度的特定方法。根据其它实施例，这种确定可以通过测量喇叭组的温度或者它的各个组件的温度得出。

图 7 描绘了用于调整喇叭和砧台之间间隙的系统的示例性实施例。其中的系统包括定向在砧台 704 的工件支持表面 702 上方的喇叭 700。喇叭 700 刚性耦合到框架 706 上。框架 706 包括滑块 708，该滑块与接收器 710 啮合，以致框架 706 和喇叭 700 可以垂直平移。

框架 706 还包括通过一对构件 714 耦合到框架 706 上的力接收板 712。通过力施加器（未在图 7 描绘）向力接收板 712 施加力。该力向砧台 704 推动喇叭 700。力的方向由箭头 713 指示。该力具有引起接触表面 716 邻接弹性应变止挡 718 的效果。施加到弹性应变止挡 718 的力引起了止挡 718 变形，并且从而展示了向下偏转（也就是，在砧台 704 方向上的偏转）。通常，施加到板 712 上的力越大，由止挡 718 展示出的向下偏转越大。由止挡 718 展示的偏转越大，喇叭 700 和砧台 704 之间的间隙越小。

为了保持喇叭 700 和砧台 704 之间的不变间隙，可以采用下面的方案。当喇叭 700 处于未升高的温度时，向板 712 施加最初的力，从而引起喇叭 700 和砧台 704 之间的间隙建立在“理想的”长度。当在操作期间喇叭 700 热膨胀时，间隙逐渐变小。为了抵消这种效果，施加到板 712 的力减小，引起止挡 718 展示出较小的偏转，意味着喇叭 700 和框架向上平移（也就是，远离砧台）。因此，喇叭 700 和砧台 704 之间的间隙可以通过控制到板 712 的力的应用而保持基本不变。为了确保该方案的功能性，施加到板 712 的最初的力应该具有足够的幅度，从而引起止挡 718 展示至少在程度上与要抵消的预期热膨胀一样大的偏转。

应变止挡 714 是弹性的，并且优选地具有相对较高的弹性系数。通过选择具有相对较高弹性系数的材料，设置了一个环境，在这个环境中，偏转止挡 714 的力相比较过程力（也就是通过喇叭施加在工件上的力）是较大的。这种安排提供了容易的控制设计。根据一个实施例，止挡 714 可以由钢制成，或者其它合适的材料制成。根据一个实

施例，施加到止挡 714 上的力不会引起其中材料超出它的弹性范围（也就是，在撤回力时，止挡 714 会返回到最初形状）。此外，根据一个实施例，止挡 714 展示了与施加到其上的力成比例的偏转，也就是，在施加到止挡 714 上的力和由此展示的偏转的程度之间存在线性关系。

图 8A 描绘了与图 7 的示例性调整系统一同使用的控制系统的实例。（下面讨论的图 8A 中的各个部件 804-810，可以实施为存储在计算机可读介质并由处理器执行的软件模块，或者实施为专用硬件，例如一个或多个特定用途集成电路，或者可以实施为现场可编程门阵列。此外，部件 804-810 可以为了设计选择的方便而组合或分开）。如可以从图 8A 中看出的，该系统包括耦合到超声能量源 802 的喇叭 800。间隙确定部件 804 确定喇叭 800 和砧台（未描绘在图 8 中）之间的间隙。根据一个实施例，间隙确定部件 804 获得了来自于电源 802 的焊接组的共振频率，并且由此确定间隙。根据另一个实施例，间隙确定部件 804 通过对喇叭的观察检测喇叭 800 的共振频率。根据又一个实施例，间隙确定部件 804 通过测量喇叭的温度，由此推理喇叭的长度，并且基于该喇叭长度得出间隙长度，从而得出间隙长度。

由间隙确定部件得出的间隙长度提供给力确定部件 806。力确定部件 806 确定要施加到框架（例如，图 7 中的板 712）上的力，以便保持间隙基本不变的长度。由间隙确定部件 806 得出的力提供给控制信号发生器 808。控制信号发生器 808 产生控制信号，并将该控制信号传达到力施加器 810。该力施加器 810 展示了接收的控制信号和它施加的力之间的已知的关系。因此，控制信号发生器 808 根据该关系产生控制信号。

图 8B 描绘了间隙确定部件 804 和力确定部件 806 的示例性实施例。（如具有图 8A 部件的情况，下面讨论的图 8B 的各个部件，可以实施为存储在计算机可读介质中并由处理器执行的软件模块，或者可以实施为专用硬件，例如一个或多个特定用途集成电路，或者实施为

现场可编程门阵列。此外，图 8B 的部件可以为了设计选择的方便而组合或分开）。可以从图 8B 中看出的，间隙确定部件 804 包括长度确定部件 812 和间隙确定部件 814。长度确定部件 812 接收喇叭组的共振频率，并应用参考图 4A 和 4B 描述的其中一种方法来确定喇叭的长度。此后，喇叭的长度由间隙确定部件 814 接收。间隙确定部件 814 通过喇叭长度的知识以及由安装方案施加的特定几何关系（例如，间隙长度可以等于从喇叭顶部到工件支持表面的长度与喇叭长度之间的差， $\text{间隙} = D - L$ ）来得到间隙长度。

在得出间隙长度后，该值被提供给力确定部件 806。力确定部件 806 得出施加到框架上的力，以便保持间隙基本不变。得出的力是一些因素的函数：止挡的长度 L_{stop} ，止挡的弹性系数 E ，止挡的横截面面积 A ，最初间隙长度和由间隙确定部件 804 得出的间隙长度之间的差 Δ ，以及组装系统偏转。

图 9A 描绘了力确定部件 806 可以利用其操作的方案。力确定部件 806 可以包括存储在存储设备中的表 900。该表 900 根据共振间隙长度 G 来组织，并且将力 F 与间隙长度 G 相关。因此，在接收到间隙长度 G 之后，力确定部件 806 利用间隙长度来访问表 900，并且确定对应于该间隙长度 G 的力 F 。例如，假定力确定部件 806 接收间隙长度 G_2 作为输入，部件 806 通过访问表 900 来响应，以识别对应于间隙长度 G_2 的行。在识别出该行之后，返回在这里输入的力 F_2 。任选的，表 900 可以被访问，用于确定提供给力施加器 810 的控制信号 C ，或者用于确定任何其它与施加在框架上的力保持已知关系的量。假定力确定部件 806 接收值 G_x 作为输入，假定 G_x 落入连续表条目之间（也就是， $G_i < G_x < G_{i+1}$ ），于是，力确定部件 806 可以访问表 900 以获得力值 F_i 和 F_{i+1} ，并且可以在两个值之间插值，从而得出对应于间隙长度 G_x 的力。

表 900 中的各个条目可以事先由启发式过程填充，其中在表 900 内，确定施加到框架上的力和对应于其的控制信号用实验方法对于每

个间隙长度 G 。可选择地，表 900 中的各个条目可以以与下面参考图 9B 描述的相似的方式通过理论计算来填充。

图 9B 描绘了力确定部件 806 利用其可以操作理论计算的另一个方案。例如，力确定部件 806 可以通过接收由间隙确定部件 804 计算的间隙长度 CG 开始它的操作，如在操作 902 中所示。此后，部件 806 通过计算最初间隙 IG 和计算的间隙 CG 之间的差来响应，如操作 904 中所示。该差 Δ 指的是为了使间隙返回到最初长度必须减小的止挡偏转的量。因此，在操作 906 中，施加到框架上的新力 F_{new} 可以通过在此显示的方程中求解 F_{new} 得出。

图 10 描绘了用于调整喇叭和砧台之间间隙的系统的另一个示例性实施例。焊接系统 1010 具有固定到支持表面 1017 上的焊接系统 1030 以及固定到支持表面 1018 上的砧台 1021。焊接系统 1030 包括：喇叭 1032，该喇叭由喇叭支架 1020 支持，并且相对于表面 1017 可以移动；关于表面 1017 固定的具有支持板 1056 的固定止挡 1055；以及可膨胀的气动气囊 1061。

气囊 1061 被用来施加力以向砧台 1021 移动喇叭支架 1020 和喇叭 1032；该力通过调整气囊 1061 中的空气压力进行控制。当表面 1025 接触固定止挡 1055 时，支持板 1056 在施加的力下轻微偏转。

在一个特别实施例中，焊接预期产品的最小可允许力是 600 磅（大约 272kg），其由气囊 1061 中的 30-psig（大约 270kPa）空气压力生成。预期固定间隙是 0.0020 英寸（大约 0.05mm）。

在用钛喇叭操作中，可以确定的是温度将会从房间温度增加最大 50°F（大约 27.7°C），这会将喇叭长度增加 0.0010 英寸（大约 0.025mm）。因此，如果没有作出补偿的话，喇叭 1032 和砧台 1021 之间的间隙减小了 0.0010 英寸（大约 0.025mm）。支持板 1056 的偏转已知为每 675

磅力（大约 306kg 力）0.0010 英寸（大约 0.0025mm）。因此，利用室温喇叭施加的力必须至少是 1125 磅（大约 510 kg），或者 60 psig（大约 414kPa）。当喇叭操作并在长度上增加时，施加的空气压力从 60 psig（大约 414kPa）减小到 30 psig（大约 207kPa），从而保持喇叭和砧台之间的间隙不变。

焊接仪器，通常配置成利用可变形止挡组件来控制砧台和喇叭之间的距离，焊接仪器包括具有固定止挡的砧台、喇叭以及力施加器，该力施加器被安装使得能够施加力以相对于固定止挡压紧紧靠喇叭，以致固定止挡的弹性变形提供了在喇叭和砧台之间的间隙上的微调控制。该仪器可以包括监控喇叭的特有特性和控制施加到喇叭上的力的传感系统，以致，不管特有特性上的改变而将喇叭和砧台之间的间隙保持在固定值。监控的特性可以是例如温度、长度或喇叭的振动频率。

为了补偿由于热膨胀产生的喇叭长度增加，可变形并固定的止挡的使用，可以与转动砧台、固定砧台、转动喇叭、固定喇叭或者上述的任何组合一起使用。

在使用中，要接合的工件将定位在喇叭和砧台之间，能量会施加到喇叭，喇叭将会被激励，并且力会施加到喇叭，从而推动固定止挡紧靠喇叭，以致固定止挡的弹性变形提供了喇叭和砧台之间的间隙的微调控制。

为了采用上面讨论的方法，人们可以对于一个系统确定数据，并且将它配合到特定部件的控制系统中使用的方程中。申请者已经对于上述系统采用了下面的方法，但是，该方法可以应用到不同配置的其他系统。这些方程可以利用工程原理或者利用来自于单个系统的测量数据来导出。

方程 2-5 是对于两个变量的线性系统的最佳拟和。方程的斜率和

截距根据经验从系统的最佳拟和测量数据来确定。测量变量之间的关系可以相似地产生任何特定系统的斜率和截距。优选的，系统在操作区域表现为线性，但是，如果系统是非线性的，可以采用二阶或更高阶的方程。

申请者已经开发和采用了下面描述的方法用于在超声焊接期间控制间隙。

首先，对于如上述的转动超声系统，下面的参数可以确定。

- (1) 喇叭直径 = 6.880''
- (2) 环境温度 °F = 65°F
- (3) 在环境温度的频率 = 19.989KHz
- (4) 设定间隙处的压力 = 72.5 psig
- (5) 对于过程的间隙设定点 = 2mils (1mils=0.001 英寸)

喇叭的材料特性也是已知的。

- (6) 热膨胀系数 α

$$\alpha_{\text{Titanium}} = 5.4 \times 10^{-6} \text{ deg F / inch / inch}$$

$$\alpha_{\text{Aluminum}} = 5.4 \times 10^{-5} \text{ deg F / inch / inch}$$

当系统被激励并操作时，喇叭温度会增加。于是接下来，可以确定温度 T_{final} 会是多少，当连续焊接时在该温度下不会存在剩余间隙（也就是，2.0mil 间隙到零，例如，喇叭和砧台之间接触）。该温度通过求解方程 1 可以得出：

$$\text{(方程 1)} \quad T_{\text{final}} = \left(\frac{2 * IG * 10^{-3}}{D * \alpha} \right)$$

在方程 1 中， T_{final} 是间隙消失的温度，IG 是当系统建立并未操作时设定和测量的最初间隙（以 mils 计），D 是转动喇叭的外直径，并且 α 是喇叭材料的热膨胀系数。利用对于铝喇叭的上述输入求解方程给出 172.7degF 的温度，基于操作期间的喇叭的加热在该温度下间隙变

成零。因此，如果喇叭加热到 172.67°F，将不会有间隙剩余。因此存在温度的上限。对于任何给定系统的上限可以利用对于转动系统的方程 1 得出。本领域的普通技术人员也将了解相似的方程也可以对于其它几何结构导出，并且为了避免间隙消失的最高操作温度可以被确定。

由于在喇叭的动态共振状态上很难测量温度时，申请者开发了利用待用品的给出非直接但是准确的温度测量。替代直接测量温度，喇叭的频率通过测量操作期间喇叭的频率以及然后通过利用下面的方程 2 确定温度来确定：

$$\text{(方程 2)} \quad \lambda_{\min} = -0.0017 * T_{\text{final}} + 20.096$$

在方程 2 中， λ_{\min} 是在间隙到零之前喇叭可以操作的最小频率，并且线性方程的系数已经通过试验根据试验确定。对于输入参数求解方程 2，当喇叭频率降到小于 19,802 赫兹时，间隙将到零。由于喇叭的频率是利用通常由本领域普通技术人员所使用的标准装备容易测量的参数，因此可以利用方程 1 和 2 来确定保持间隙不闭合的转动系统最小的操作频率，这种闭合可以导致产品损坏，并且由于接触还会损坏喇叭和/或砧台。

利用方程 1 和 2，现在具有将间隙与温度以及将温度与频率相关的能力。因此，可以将间隙与频率相关。在正常的操作期间，当材料在间隙（或箔）中时，很难测量间隙，但是利用上述原理，频率可以用来确定间隙。喇叭频率与喇叭和砧台之间间隙之间的关系可以利用下面的方程 3 确定（其或者可以对于作为频率函数的间隙求解，或者反过来求解）：

$$\text{(方程 3)} \quad \lambda = 0.0965 * \text{Gap} + 19.7925$$

在方程 3 中， λ 是喇叭频率，Gap 以 mil 为单位测量的（1mil=0.001

英寸)。对于 1mil 的间隙求解方程 3 给出了 19,889 赫兹的频率。注意，现在存在一种方法来确定作为频率函数的间隙的改变。使用通过方程 1—3 确定的信息，施加到喇叭/砧台布置上的力可以被控制，从而在喇叭组件的操作期间当喇叭温度和频率改变时保持操作间隙不变。

为了控制间隙，并且将其保持不变的操作值，施加到系统的压力被控制，从而补偿在操作期间随着喇叭变热的喇叭的热膨胀。返回来参考上面的实例，当间隙减小到 1mil 时，需要减小施加到系统上的压力，以致系统可以保持或者返回到原始的间隙设定 2mils。因此，为了补偿热膨胀，压力减小到使得间隙返回到 2mils。

为了正确地减小压力，首先需要确定压力和频率之间的关系，如下面方程 4 所示：

$$\text{(方程 4)} \quad P_{\text{compensation}} = -367.3404 * \lambda + 7412.7731 - P_{\text{setpoint}}$$

其中， $P_{\text{compensation}}$ 是系统压力（每平方英寸规格的磅数）上的减小， λ 是从方程 3 确定的频率， P_{setpoint} 是在最初间隙设定点的压力。

例如，利用上述参数，可以确定当由于热膨胀喇叭膨胀 1mil 时移动回复到最初 2mils 间隙所需要的压力减小。

实例：如果间隙改变到 1mil 需要的压力补偿是多少？

首先从方程 3 计算在 1mil 间隙的频率（该值是 19.889KHz，如之前确定的）。接着，将该值代入方程 4，得到：

$$\begin{aligned} P_{\text{compensation}} &= -367.3404 * (19.889) + 7412.7731 - 72.5 \\ &= 106.7399 - 72.5 \end{aligned}$$

$$P_{\text{compensation}} = 34.24 \text{psig} \quad (\text{操作压力上的减小})$$

在已经确定压力之后，为了补偿热膨胀，可以检验在压力补偿处的间隙是多少。该间隙应该是粗略的等于最初间隙加上由于热膨胀的间隙改变。为了检验，首先由下面的方程 5 确定压力和间隙之间的关系：

$$(方程 5) \quad P_{compensation} = 35.461 * (间隙@压力补偿) + 142.205$$

例如，在 34.24 psig 的压力补偿（由方程 4）处，可以重新整理方程 5，并且求解间隙：

$$间隙@压力补偿 = (34.24 - 142.205) / -35.461 = 3.045 \text{ mils}$$

因此，可以验证该模型，因为最初的间隙设为 2.0mils，间隙改变是 1mil。因此，为了补偿由于操作期间喇叭变热的膨胀，会将间隙打开 1mil，从而恢复原始的 2.0mil 间隙。

因此，利用为了确定操作参数的上面讨论的方程（或者对于线性喇叭或者其它几何结构导出它们的等价方程），可以对于转动超声焊接过程确定操作限制。例如，利用方程 1 以及间隙设定点的值（目标）得出操作温度限制。利用方程 2 以及利用由方程 1 的温度限制值得出超声喇叭的操作频率限制。利用方程 3 并利用间隙值作为输入得出间隙改变处的频率。利用方程 2，但是利用由方程 3 确定的频率值得出在间隙改变处的温度。利用方程 4，但是利用由方程 3 的频率值得出对于间隙改变的压力补偿。利用方程 5，但是利用由方程 4 的压力补偿值得出在压力补偿处（环境温度）的间隙。

存在另一个可以控制喇叭和砧台之间的间隙的方案。如前所述，在超声焊接环境中，喇叭由声信号驱动，通常在 20,000-40,000Hz 范围内。图 11A 描绘了当声波沿着喇叭的纵向轴传播时喇叭的表面 1100。

声波的传播方向由箭头 1102 表示。如可以从图 11A 看出的，当声波沿着喇叭的纵向轴传播时，喇叭表面 1100 被扰动，并且展示出在其上的驻波波形。驻波波形 1104 展示出了峰峰幅值，被称为由喇叭表面展示的“位移”。峰峰幅值或者表面位移，是沿喇叭传播的声信号的幅值的函数。当然，声信号的幅值是提供给耦合到喇叭的转换器的电信号的幅值。因此，由喇叭表面 1100 展示的位移是提供给转换器的电信号的幅值的函数。典型的，提供给转换器的电信号的幅值越大，沿着喇叭传播的声信号的幅值越大；声信号的幅值越大，在喇叭表面 1100 上展示的位移越大。

如可以从图 11A 看出的，喇叭表面 1100 和砧台 1106 表面之间的间隙是位移的函数。当喇叭展示了较大的表面位移时，喇叭表面和砧台表面之间的间隙缩小。

在继续进行之前，应该指出的是，图 11A 和 11B 没有按比例绘制，并且其中的一些特征，诸如表面位移，已经为了显示的目的夸张了。（例如，当在正常条件下操作时，典型的喇叭可以展示出大约 2-3 mils 的表面位移）。

为了讨论，激发图 11A 中显示的表面位移的电压信号的幅值被称为 $Amplitude_1$ 。图 11B 描绘了如当由具有 $Amplitude_2$ 幅值的电压信号激发时出现的图 11A 的喇叭表面 1100（ $Amplitude_2$ 小于 $Amplitude_1$ ）。如从图 11A 和 11B 之间的比较可以看出的，当激发喇叭的电压信号幅值缩小时，喇叭 1100 的表面和砧台 1106 之间的间隙增长，因为喇叭 1100 表面不是那么大的朝向砧台移动。

如前提到，在典型的焊接操作期间，例如，喇叭可以展示出在 3mils 数量级上的表面位移。然而，即使表面位移减少了例如 33%，焊接操作仍可以产生满意的产品。因此，每个前述的实例，焊接操作可以利用展示了与 2mils 一样小的位移的喇叭操作。于是，紧接着，焊接操作

可以利用足够激发 3mils 表面位移的幅值的电信号来启动。在操作期间，喇叭经历了热膨胀，意味着喇叭和砧台之间的间隙随着喇叭向砧台膨胀而缩小。为了抵消这种效果，激发喇叭的电信号的幅值可以被衰减，以致产生小于原始 3mils 的表面位移，从而保持基本不变的间隙。当然，在需要至少 2mils 位移产生合适产品的操作的情况下，电信号不应该被衰减到以至于喇叭表面展示出小于需要的 2mils 位移的程度。

图 12A 中显示了一个用于控制喇叭和砧台之间的间隙的系统的示例性实施例。如从图 12A 中可见的，该系统包括喇叭 1200（其依次包括转换器和调压器），该喇叭提供有来自于电源 1202 的 AC 电信号。电源 1202 将喇叭 1200 的共振频率传递到间隙确定模块 1204。（如前所述的，电源 1202 检测喇叭组的共振频率，并在那个频率驱动喇叭组）。

基于共振频率，间隙确定模块 1204 确定喇叭的长度（或者，可以确定间隙上的改变，或者可以确定任何其它与喇叭长度保持已知关系的值），如前所述。此后，间隙长度（或者其中改变）被提供到幅值确定模块 1206。作为响应，幅值确定模块识别要由电源提供的电信号的合适的幅值，以便保持间隙基本不变。该幅值可以从查找表中检索到，或者可以通过计算得出。由此确定的幅值被传递到控制信号发生模块 1208，该控制信号发生模块生成适当的命令和控制信号，从而引起电源 1202 将信号的幅值调节到由幅值确定模块 1206 选择的幅值。

如前面描述的，模块 1204-1208 的每个可以实施为专用硬件，例如彼此合作的一个或多个 ASIC。可选择的，模块 1204-1208 可以实施为存储在存储器中并且由与之通信的处理器执行的软件/固件。如果实施为固件/软件，为了设计选择的方便，构成模块 1204-1208 的指令可以由相同的处理器执行，或者可以由多个处理器执行。

图 12B 描绘了一种用于控制喇叭和砧台之间间隙的系统的另一个示例性实施例。图 12B 的系统利用了两个不同的方案，通过这两个方

案间隙可以进行调整：（1）控制喇叭的位置本身；以及（2）控制由喇叭展示的表面位移的量。如从图 12B 中可见的，该系统包括喇叭 1210（其依次包括转换器和调压器），该喇叭提供有来自于电源 1212 的 AC 电信号。电源 1212 将喇叭 1210 的共振频率传递给间隙确定模块 1214。（如前所述，电源 1212 检测喇叭组的共振频率，并且在那一频率驱动喇叭组。）

基于共振频率，间隙确定模块 1214 确定间隙的长度（或者，可以确定间隙中的改变，或者可以确定任何与间隙长度保持已知关系的值），如前描述的。此后，喇叭长度（或者其改变）提供给幅值确定模块 1216 以及调节器 1220。调节器 1220 是可以改变喇叭位置的系统，例如图 7 和 10 中显示的调整系统，其通过改变角度改变弹性止挡的变形来调节喇叭的位置。如图 12A 的实施例的情况，幅值确定模块 1216 识别要由电源提供的适当的电信号的幅值，以便保持间隙基本不变。然而，幅值确定部件 1216 与调节器 1220 合作，联合地调节位置和/或调节由电源 1212 提供的 AC 信号的幅值，以便获得基本保持不变的间隙的最终目的。

例如，根据一个实施例，幅值确定部件 1216 和调节器 1220 根据图 13 中描绘的方法操作。如其中所示，模块 1216 和 1220 从间隙确定部件 1214 接收间隙长度或者其改变，如操作 1300 所示。此后（假定实施例中，调节器 1220 包含压紧喇叭紧靠应变弹性止挡的力施加器），幅值确定部件 1216 从调节器 1220 接收在那里施加的力（操作 1302）。接下来，如操作 1304 中显示的，该力与用于喇叭操作的容许力的下限比较。如果力仍高于该限，调节器 1220 确定应用需要的新力，并相应的调整该力（操作 1306）。另一方面，如果该力已经达到了下限，则该力不应该进一步减小，控制进行到操作 1308，其中确定是否表面位移的幅值已经达到了它的下限。如果没有，控制转移到操作 1310，在那幅值确定模块 1216 识别要由电源提供的合适的电信号的幅值，以便保持间隙基本不变。由此确定的幅值被传递到控制信号发生模块 1218，

其生成适当的命令或者控制信号，引起电源 1212 将信号的幅值调节到由幅值确定模块 1216 选择的信号的幅值。另一方面，如果表面位移的幅值已经达到了它的下限，则控制转到操作 1312，产生警报，以指示该间隙在没有减小它容许限度之下的过程力或者减小它的容许限度下面的表面位移的情况下，不能保持在不变的长度。

尽管图 13 的操作描述为由幅值确定模块 1216 执行，但是这些操作可以通过图 12B 中描绘的任何一个模块执行，或者可以由专门与幅值确定模块 1216 和调节器 1220 的操作协调的另一个模块执行。

此外，应该注意的是，在操作 1302 中，调节器 1220 可以将喇叭的位置传递到执行图 13 的方法的模块。然后，在操作 1304 中，喇叭的位置可以与表达调节器 1220 将喇叭从砧台收回能力的位置限制做比较。换句话说，在操作 1304 中，确定是否调节器 1220 已经如它能够做的将喇叭从砧台收回。

根据另一个实施例，幅值确定部件 1216 和调节器 1220 根据图 14 中描绘的方法操作。如其中所示，模块 1216 和 1220 均接收来自于间隙确定部件 1214 的间隙长度或者其改变，如操作 1400 所示。此后，（再次假定该实施例中调节器 1220 包含压紧喇叭紧靠应变弹性止挡的力施加器），幅值确定部件 1216 从调节器 1220 接收在那里施加的力（操作 1402）。接下来，如操作 1404 中显示的，确定是否表面位移的幅值已经达到了它的下限。如果没有，控制转移到操作 1406，在这里幅值确定模块 1216 识别要由电源提供的合适的电信号的幅值，以便保持间隙基本不变。由此确定的幅值被传递到控制信号发生模块 1218，其生成适当的命令或者控制信号，引起电源 1212 将信号的幅值调节到由幅值确定模块 1216 选择的信号的幅值。另一方面，如果由喇叭展示的表面位移的幅值已经达到了它的下限，则该力不应该进一步减小，控制转到操作 1408，其中确定是否在操作 1402 期间接收的力的值在焊接操作的容许力的下限。如果该力仍在该限之上，则调节器 1220 确定

应用需要的新力，并且由此调节该力（操作 1410）。另一方面，如果该力已经达到了它的下限，则控制转到操作 1412，将产生警报，指示该间隙在没有减小它容许限度之下的过程力或者减小它的容许限度之下的表面位移的情况下，该间隙不能保持在不变的长度。

尽管图 14 的操作描述为由幅值确定模块 1216 执行，但是这些操作可以通过图 12B 中描绘的任何一个模块执行，或者可以由专门与幅值确定模块 1216 和调节器 1220 的操作协调的另一个模块执行。

此外，应该注意的是，在操作 1402 中，调节器 1220 可以将喇叭的位置传递到执行图 14 的方法的模块。然后，在操作 1408 中，喇叭的位置可以与表达调节器 1220 将喇叭从砧台收回能力的位置限做比较。换句话说，在操作 1408 中，确定是否调节器 1220 已经如它能够做的将喇叭从砧台收回。

在阅读和理解了上述用于控制超声焊接系统的前述过程之后，本领域技术人员会理解对于系统的间隙控制可以通过测量喇叭的操作频率、调节例如控制间隙的压力的力来获得。对于任何喇叭几何形状，包括线性和转动喇叭，可以根据经验导出或确定特别的方程。

上面描述的各种实施例仅以示例的形式给出，并且不应该解释为对于本发明的限制。本领域技术人员会容易地识别，在不按照这里示出和描述的实施例和应用，以及不背离下面权利要求中陈述的本发明精神与范围的情况下，可以对本发明作出各种调整和改变。

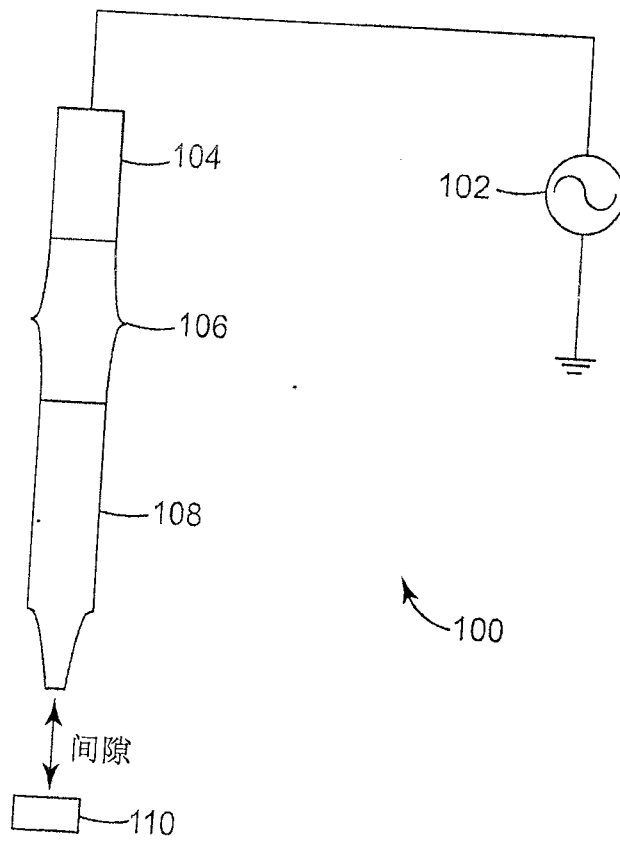
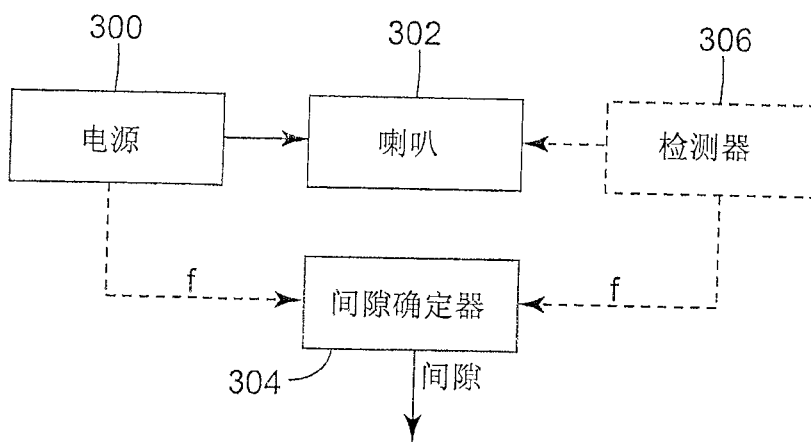
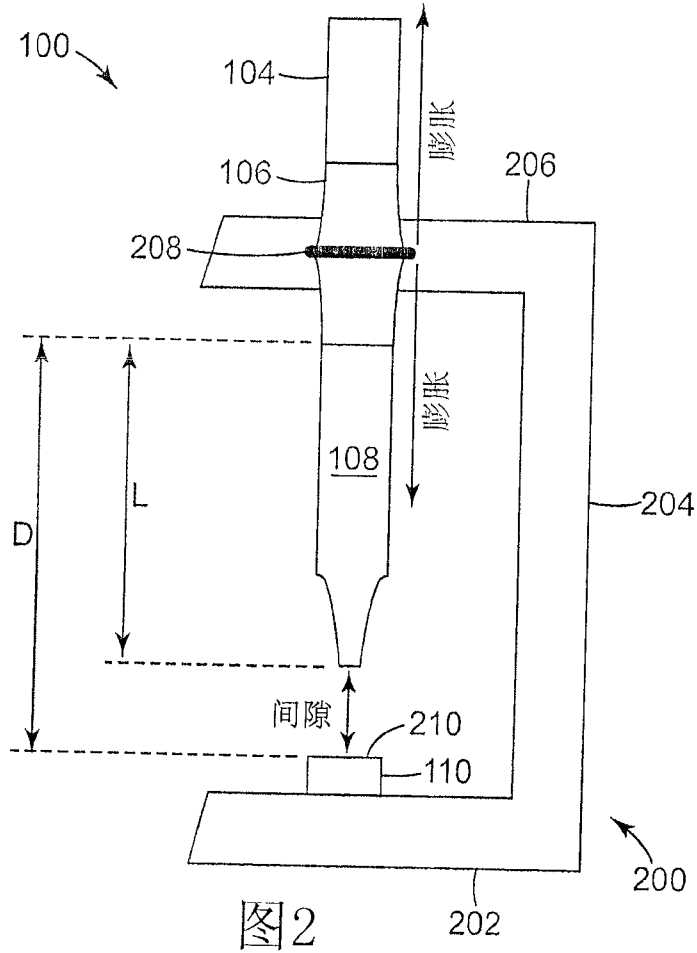


图1



400

频率	L	间隙
f_1	L_1	G_1
f_2	L_2	G_2
f_3	L_3	G_3
\vdots	\vdots	\vdots
f_n	L_n	G_n

图4A

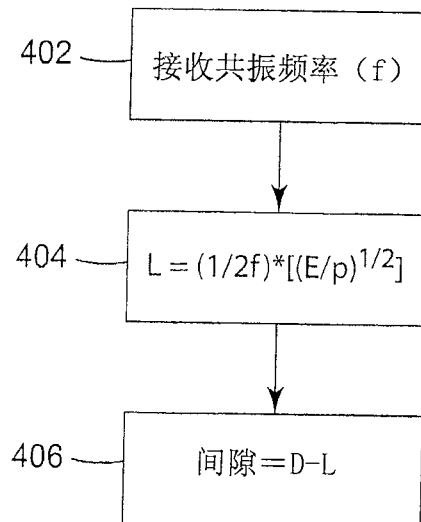


图4B

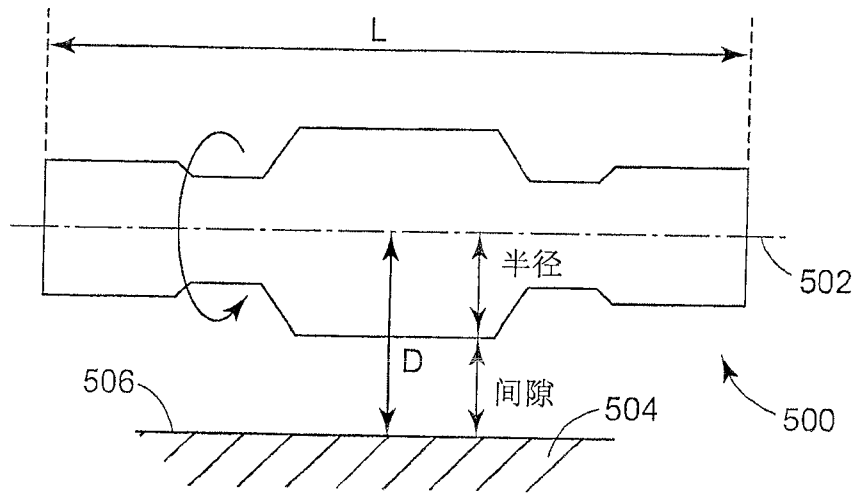


图5A

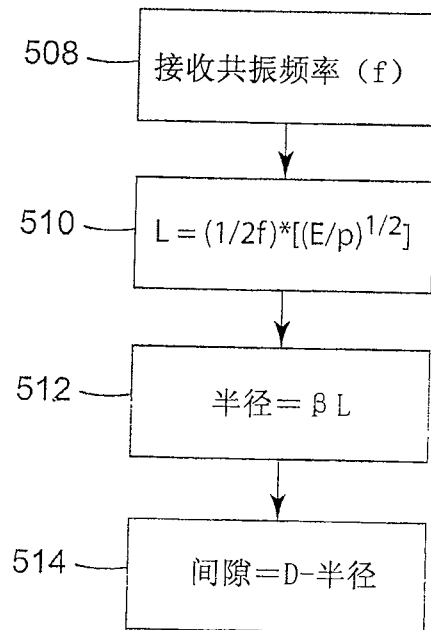


图5B

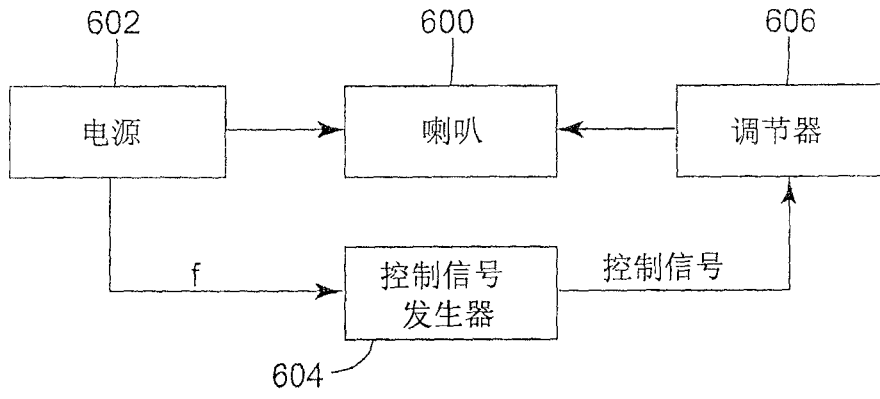


图6

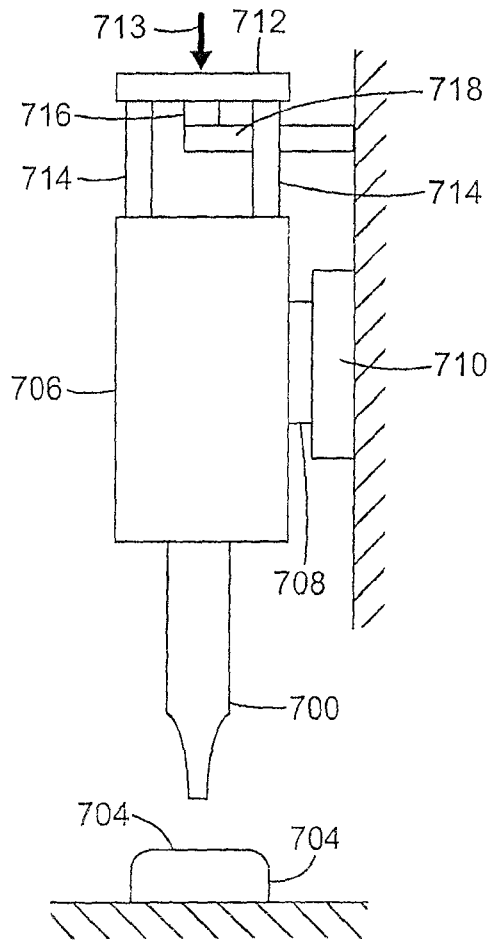


图7

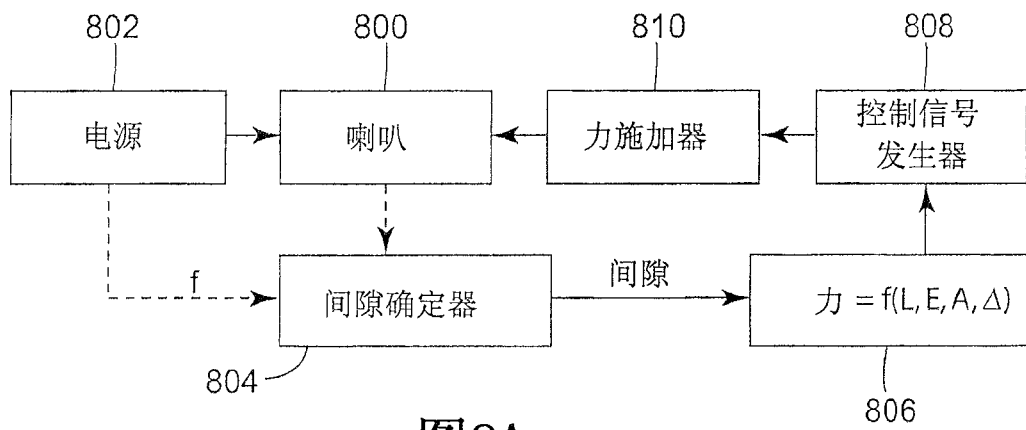


图8A

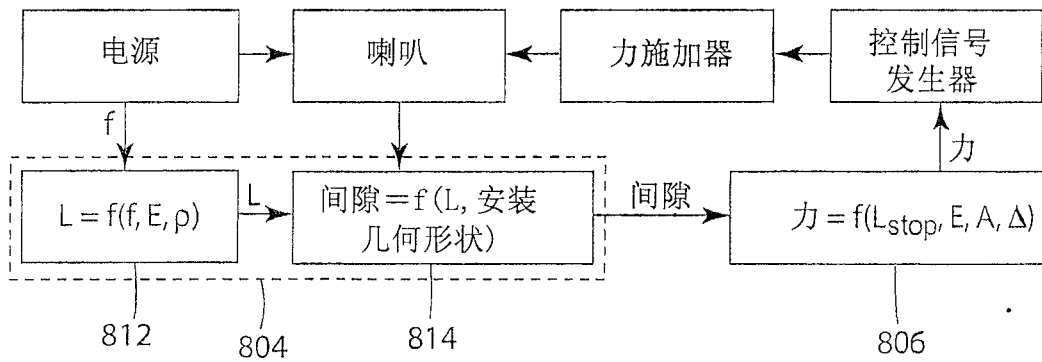


图8B

间隙	F	C
G ₁	F ₁	C ₁
G ₂	F ₂	C ₂
G ₃	F ₃	C ₃
⋮	⋮	⋮
G _n	F _n	C _n

900

图9A

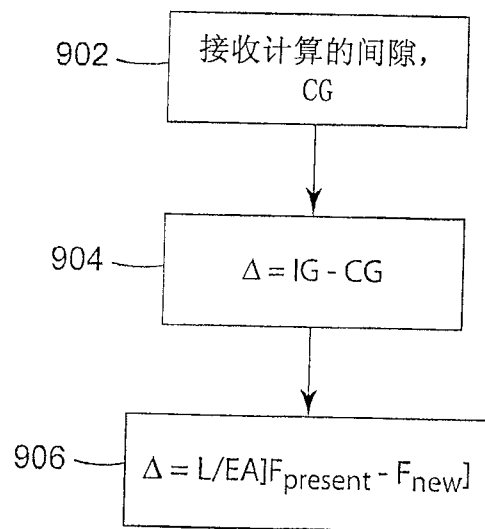


图9B

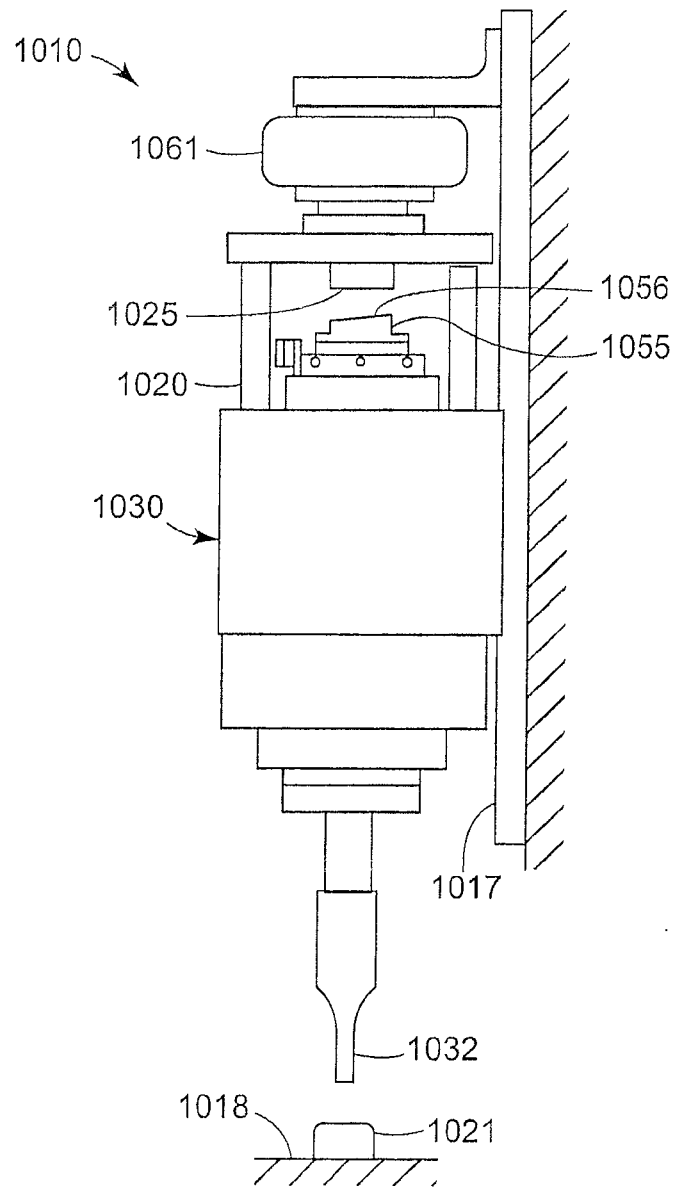


图10

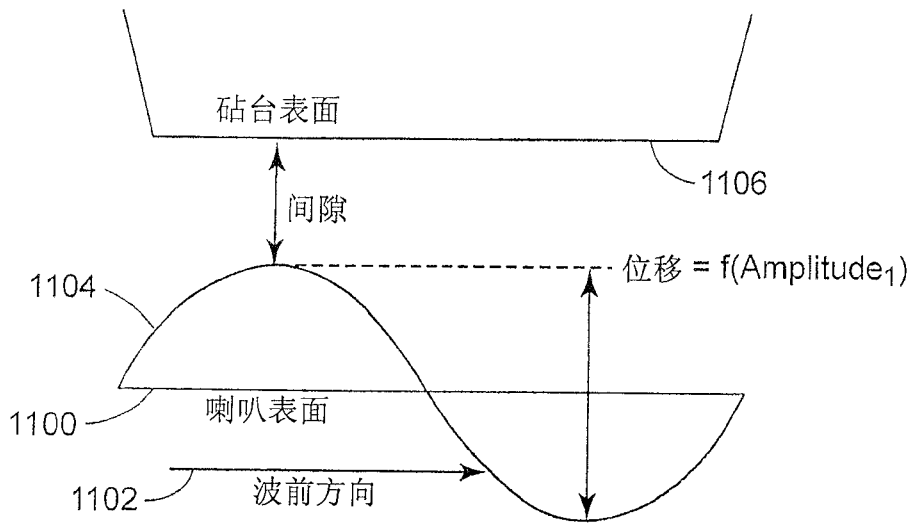


图11A

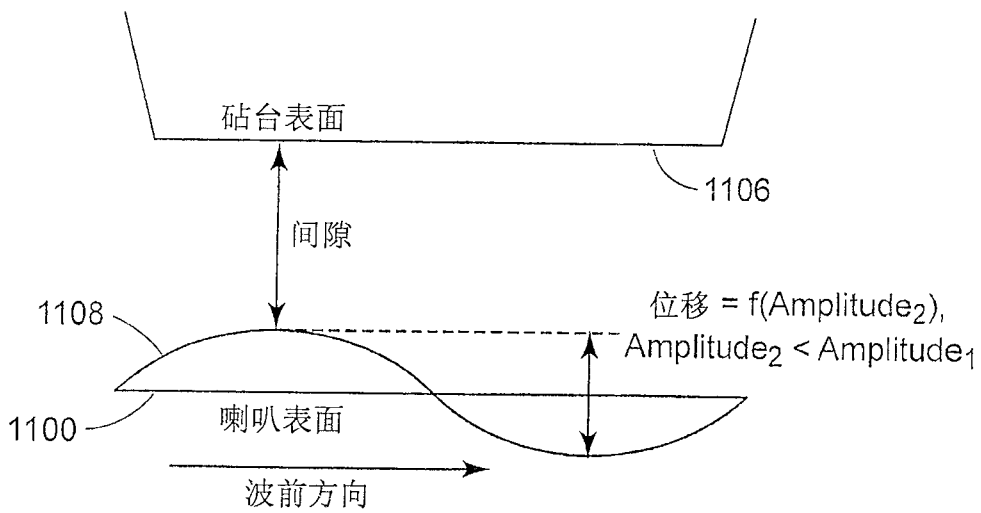


图11B

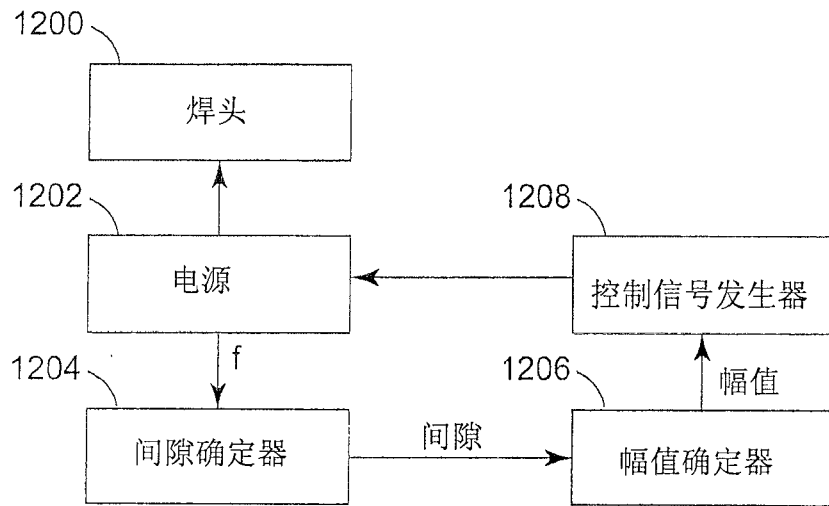


图12A

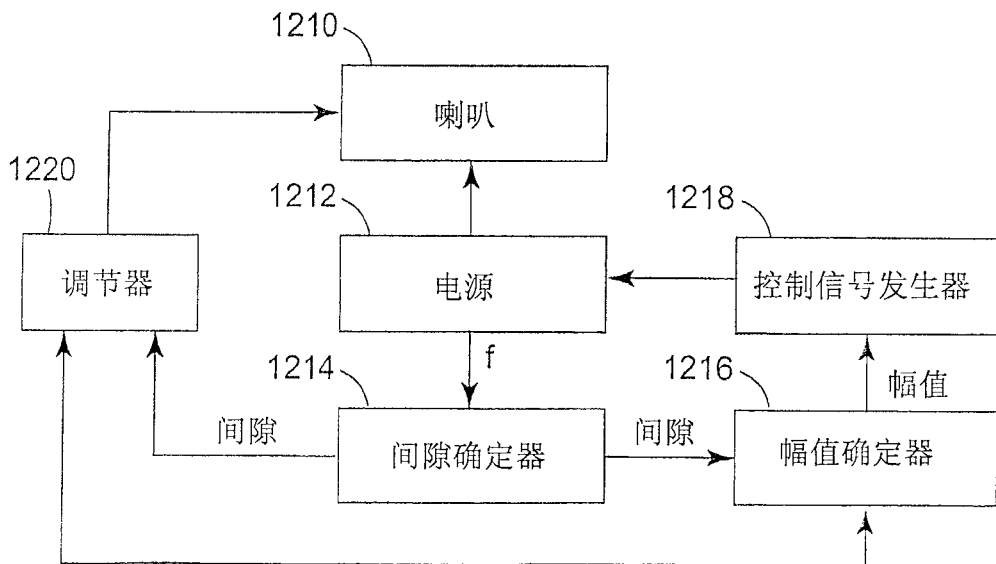


图12B

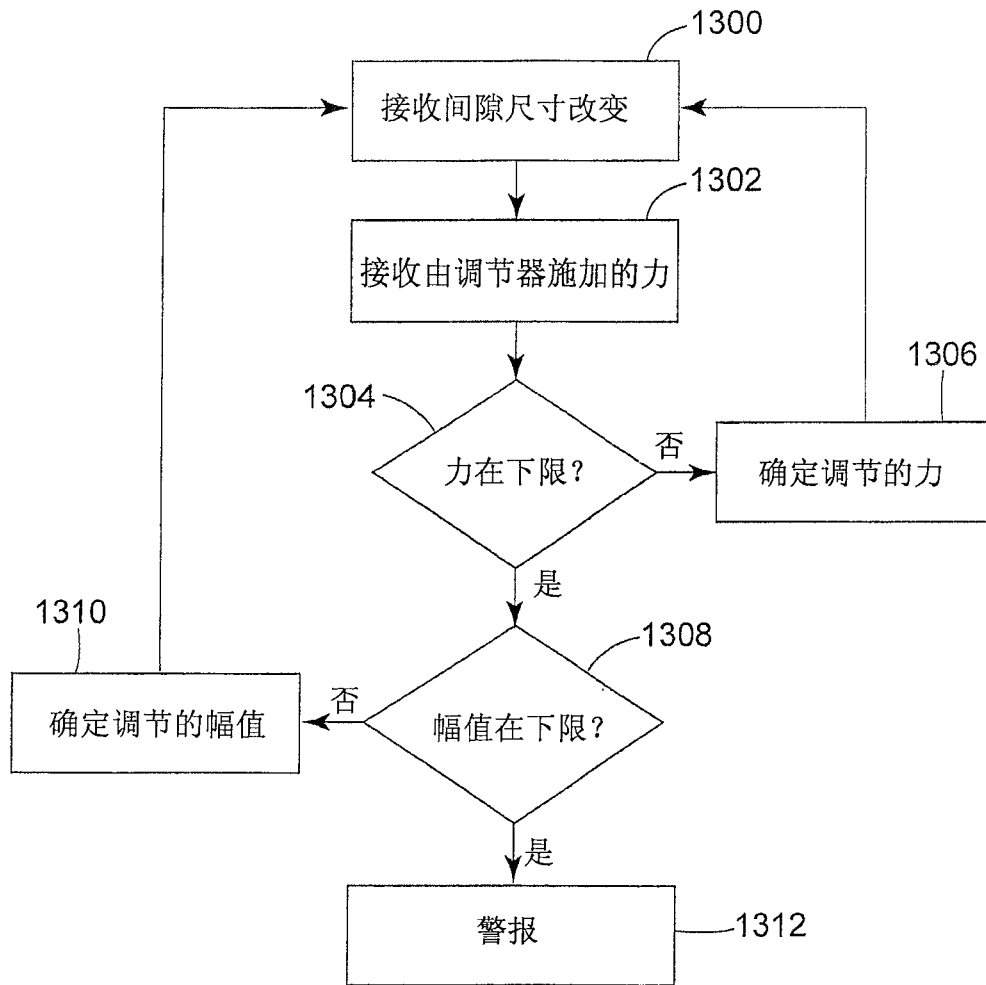


图13

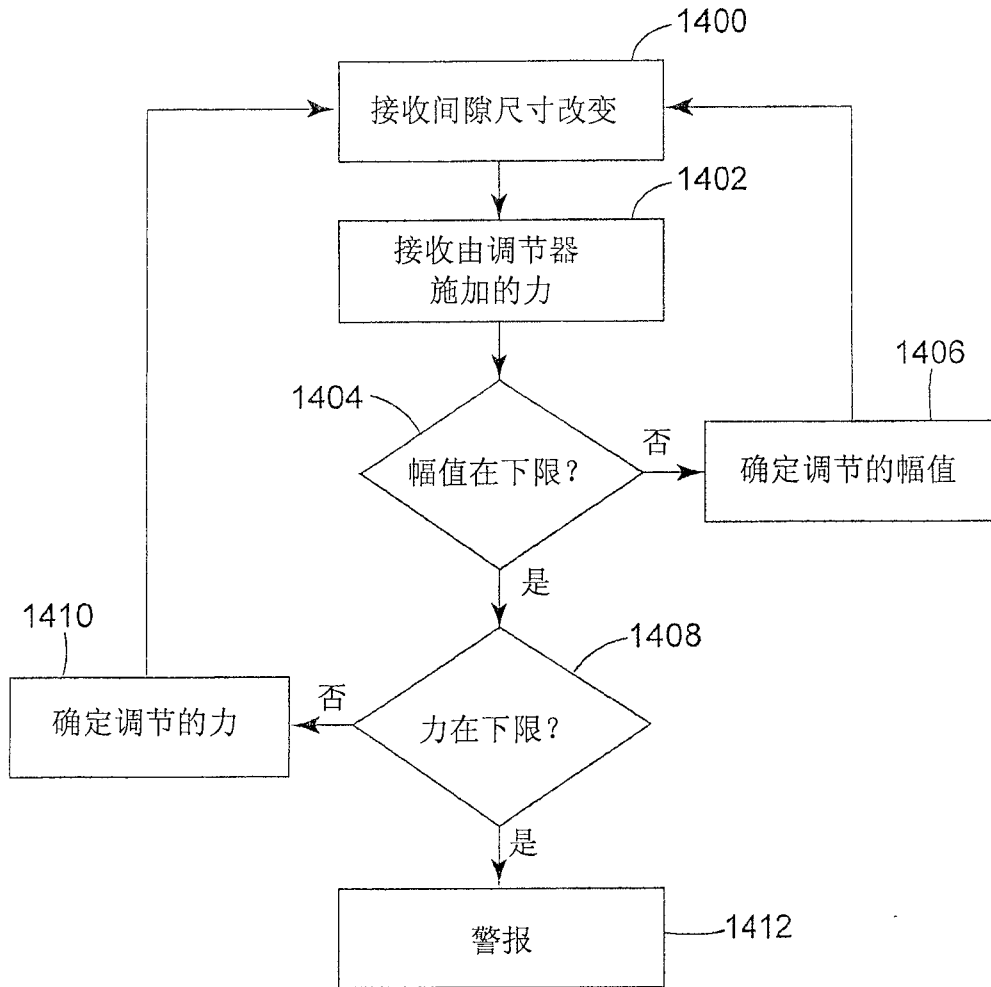


图14