



(45) 授权公告日 2021.02.19

11323

申请公布号 CN 109689229 A

### (30) 优先权数据

*B05B 17/06 (2006.01)*

*B06B 1/02 (2006.01)*

(56) 对比文件

CN 102526848 A.2012.07.04

CN 1349438 A, 2002.05.15

CN 1688394 A, 2005.10.26

JP 特开2014-525 A, 2014.01.09

EP 2620176 A1, 2013.07.31

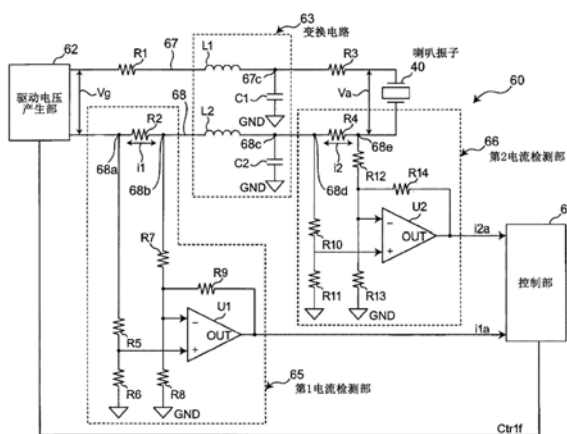
EP 2780125 B1, 2017.04.05

审查员 梁凤

权利要求书1页 说明书8页 附图8页

## 超声波振子驱动装置和网眼式喷雾器

本发明的超声波振子驱动装置(60)通过变换电路(63)对具有固有的共振频率的超声波振子(40)施加作为驱动电压的正弦波状的交变电压(Va)。具备:第1电流检测部(65),其检测从驱动电压产生部(62)流向变换电路(63)的第1电流(i1);以及第2电流检测部(66),其检测从变换电路(63)流向超声波振子(40)的第2电流(i2)。频率控制部(61)对驱动电压产生部(62)进行使矩形波状的交变电压(Vg)的频率变更的控制,以使第1电流(i1)与第2电流(i2)之间的差接近极小值。



1. 一种超声波振子驱动装置,对包含压电元件并具有固有的共振频率的超声波振子施加驱动电压来进行驱动,上述超声波振子驱动装置的特征在于,具备:

驱动电压产生部,其产生在包含上述超声波振子的共振频率的频率范围中频率可变的作为上述驱动电压的源的矩形波状的交变电压;以及

变换电路,其插设于从上述驱动电压产生部向上述超声波振子的配线路径,利用感应性电抗元件和电容性电抗元件将上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压变换为正弦波状的交变电压,该正弦波状的交变电压作为上述驱动电压被施加到上述超声波振子,

并具备:

第1电流检测部,其检测从上述驱动电压产生部流向上述变换电路的第1电流;

第2电流检测部,其检测从上述变换电路流向上述超声波振子的第2电流;以及

频率控制部,其对上述驱动电压产生部进行使上述矩形波状的交变电压的频率变更的控制,以使上述第1电流与上述第2电流之间的差接近极小值。

2. 根据权利要求1所述的超声波振子驱动装置,其特征在于,

上述第1电流与上述第2电流之间的差为上述第1电流的峰-峰值与上述第2电流的峰-峰值之间的差、上述第1电流的振幅与上述第2电流的振幅之间的差或者上述第1电流的有效值与上述第2电流的有效值之间的差。

3. 根据权利要求1或2所述的超声波振子驱动装置,其特征在于,

上述变换电路在包含上述超声波振子的共振频率的频率范围中表现出的阻抗被设定为与上述超声波振子的阻抗的最小值实质上一致。

4. 根据权利要求1或2所述的超声波振子驱动装置,其特征在于,

上述超声波振子是将上述压电元件和传递该压电元件的振动的喇叭组合在一体而构成的喇叭振子。

5. 一种网眼式喷雾器,其特征在于,

具备:权利要求4所述的超声波振子驱动装置;以及

平板状或者片状的网眼部,其与上述喇叭振子的振动面相对配置,

使供应到上述振动面与上述网眼部之间的液体通过上述网眼部而雾化并进行喷雾。

## 超声波振子驱动装置和网眼式喷雾器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及超声波振子驱动装置,更详细地说,涉及对具有固有的共振频率的超声波振子施加驱动电压(交变电压)来进行驱动的超声波振子驱动装置。另外,本发明涉及具备这种超声波振子驱动装置的网眼式喷雾器。

### 背景技术

[0002] 以往,作为这种超声波振子驱动装置,例如在专利文献1(特开2003-038646号公报)中公开了对作为超声波振子的压电元件施加正弦波或者矩形波的驱动电压,利用该压电元件的超声波振动使药液雾化并进行喷雾的技术方案。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:特开2003-038646号公报

### 发明内容

[0006] 发明要解决的问题

[0007] 然而,在上述超声波振子是例如为了构成网眼式喷雾器而广泛使用的将压电元件和传递该压电元件的振动的喇叭组合为一体的类型的振子(适当地称为“喇叭振子”)的情况下,从图8可知,Q值(共振的锐度)非常高。因此,如图9例示的那样,关于某个喇叭振子(设固有的共振频率为 $f_r$ 。 $f_r$ 的单位为kHz。),驱动电压的频率的实用范围限于从 $(f_r - 0.8\text{kHz})$ 到 $f_r$ 的范围 $\Delta f$ 。此外,在图8、图9中,横轴表示驱动电压的频率,纵轴表示喇叭振子的阻抗(用实线表示)和相位(用虚线表示)。

[0008] 而且,已知在喇叭振子的共振频率 $f_r$ 中存在 $\pm 1.5\text{kHz}$ 程度的制造偏差。在图10中,关于由于制造偏差而共振频率不同的3个样本No.1~3,示出了使包括矩形波的驱动电压的频率变化时的每单位时间的喷雾量的变化。在样本No.1中共振频率 $f_{r1} = 178.85\text{kHz}$ ,在样本No.2中共振频率 $f_{r2} = 179.15\text{kHz}$ ,在样本No.3中共振频率 $f_{r3} = 179.40\text{kHz}$ ,如果使驱动电压的频率分别比每个共振频率高最多 $0.03\text{kHz}$ 程度,则每单位时间的喷雾量会降低约一半。

[0009] 因此,如果将例如驱动用IC(集成电路)所输出的矩形波状的交变电压原样作为驱动电压施加到喇叭振子,则有时驱动电压的频率会偏离喇叭振子的共振频率,喇叭振子的驱动效率会降低。

[0010] 而另一方面,当在将驱动用IC所产生的矩形波状的交变电压(作为驱动电压的来源)通过包含感性电抗元件(L)和容性电抗元件(C)的变换电路变换为正弦波状的交变电压的状态下施加到喇叭振子,则即使驱动电压的频率稍微偏离喇叭振子的共振频率,也能抑制驱动效率的降低,能抑制每单位时间的喷雾量减少。然而,如果仅将变换电路插设于驱动用IC与喇叭振子之间,则存在会通过上述变换电路向接地(GND)流通漏电电流,而消耗电流增大的问题。

[0011] 因此,本发明要解决的问题在于提供一种通过变换电路对具有固有的共振频率的超声波振子施加作为驱动电压的正弦波状的交变电压的超声波振子驱动装置,其能抑制去往接地的漏电电流。另外,本发明要解决的问题在于提供具备这种超声波振子驱动装置的网眼式喷雾器。

[0012] 用于解决问题的方案

[0013] 为了解决上述问题,本发明的超声波振子驱动装置对包含压电元件并具有固有的共振频率的超声波振子施加驱动电压来进行驱动,上述超声波振子驱动装置的特征在于,具备:

[0014] 驱动电压产生部,其产生在包含上述超声波振子的共振频率的频率范围中频率可变的作为上述驱动电压的来源的矩形波状的交变电压;以及

[0015] 变换电路,其插设于从上述驱动电压产生部向上述超声波振子的配线路径,利用感性电抗元件和电容性电抗元件将上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压变换为正弦波状的交变电压,该正弦波状的交变电压作为上述驱动电压被施加到上述超声波振子,

[0016] 并具备:

[0017] 第1电流检测部,其检测从上述驱动电压产生部流向上述变换电路的第1电流;

[0018] 第2电流检测部,其检测从上述变换电路流向上述超声波振子的第2电流;以及

[0019] 频率控制部,其对上述驱动电压产生部进行使上述矩形波状的交变电压的频率变更的控制,以使上述第1电流与上述第2电流之间的差接近极小值。

[0020] 在此,“矩形波状”不仅包括精确的矩形波,还包括在作为对上述超声波振子的驱动电压的用途中实质上可视为矩形波的带有角的波形。另外,“正弦波状”不仅包括精确的正弦波,还包括在作为对上述超声波振子的驱动电压的用途中实质上可视为正弦波的平滑地变化的波形。

[0021] 在本发明的超声波振子驱动装置中,驱动电压产生部产生在包含上述超声波振子的共振频率的频率范围中频率可变的作为上述驱动电压的来源的矩形波状的交变电压。插设于从上述驱动电压产生部朝向上述超声波振子的配线路径中的变换电路利用感性电抗元件和电容性电抗元件将上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压变换为正弦波状的交变电压。该正弦波状的交变电压作为上述驱动电压被施加到上述超声波振子。因此,即使上述驱动电压的频率稍微偏离上述超声波振子的共振频率,也能抑制驱动效率的降低。而且,在该超声波振子驱动装置中,第1电流检测部检测从上述驱动电压产生部流向上述变换电路的第1电流,并且第2电流检测部检测从上述变换电路流向上述超声波振子的第2电流。频率控制部对上述驱动电压产生部进行控制而使上述矩形波状的交变电压的频率变更,以使上述第1电流与上述第2电流之间的差接近极小值。在通过上述控制而上述第1电流与上述第2电流之间的差变为了极小值附近时,上述变换电路的阻抗与上述超声波振子的阻抗匹配。因此,上述第1电流与上述第2电流之差即通过上述变换电路去往接地的漏电电流被抑制。其结果是,能抑制消耗电流的增大。

[0022] 在一个实施方式的超声波振子驱动装置中,其特征在于,上述第1电流与上述第2电流之间的差为上述第1电流的峰-峰值与上述第2电流的峰-峰值之间的差、上述第1电流的振幅与上述第2电流的振幅之间的差或者上述第1电流的有效值与上述第2电流的有效值

之间的差。

[0023] 在该一个实施方式的超声波振子驱动装置中,能与上述第1电流、上述第2电流的相位无关地简单求出上述第1电流与上述第2电流之间的差。

[0024] 在一个实施方式的超声波振子驱动装置中,其特征在于,上述变换电路在包含上述超声波振子的共振频率的频率范围中表现出的阻抗被设定为与上述超声波振子的阻抗的最小值实质上一致。

[0025] 在此,与超声波振子的阻抗的最小值“实质上一致”除了正好一致的情况以外,从阻抗匹配的观点出发,还包括可视为与最小值实质上一致的范围(例如,从上述最小值到上述最小值的1.5倍的范围)。

[0026] 在该一个实施方式的超声波振子驱动装置中,上述变换电路在包含上述超声波振子的共振频率的频率范围中所表现出的阻抗被设定为与上述超声波振子的阻抗的最小值实质上一致。在此,如上述那样,在通过上述频率控制部所进行的上述控制而上述第1电流与上述第2电流之间的差变为了极小值附近时,上述变换电路的阻抗与上述超声波振子的阻抗匹配。因此,此时,上述矩形波状的交变电压的频率与上述超声波振子的共振频率(得出上述超声波振子的阻抗的最小值时的频率)大致一致。其结果是,上述超声波振子的驱动效率变高。

[0027] 在一个实施方式的超声波振子驱动装置中,其特征在于,上述超声波振子是将上述压电元件和传递该压电元件的振动的喇叭组合为一体而构成的喇叭振子。

[0028] 在该一个实施方式的超声波振子驱动装置中,上述超声波振子是将上述压电元件和传递该压电元件的振动的喇叭组合为一体而构成的喇叭振子。因此,即使上述驱动电压的频率稍微偏离上述超声波振子的共振频率,也能抑制驱动效率的降低,本发明带来的这一益处很大。

[0029] 在另一方面中,本发明的网眼式喷雾器的特征在于,

[0030] 具备:上述发明的超声波振子驱动装置,其中,上述超声波振子是上述压电元件和传递该压电元件的振动的喇叭组合为一体而构成的喇叭振子;以及

[0031] 平板状或者片状的网眼部,其与上述喇叭振子的振动面相对配置,

[0032] 使供应到上述振动面与上述网眼部之间的液体通过上述网眼部而雾化并进行喷雾。

[0033] 在本说明书中,“平板状或者片状的网眼部”的含义是具有贯通平板或者片的多个贯通孔,并用于使液体通过这些贯通孔而雾化的部件。此外,片包括膜。

[0034] 根据本发明的网眼式喷雾器,能使上述液体高效地雾化并进行喷雾,另外,能抑制消耗电流的增大。

[0035] 发明效果

[0036] 从以上可知,本发明的超声波振子驱动装置是通过变换电路对具有固有的共振频率的超声波振子施加作为驱动电压的正弦波状的交变电压的超声波振子驱动装置,其能抑制去往接地的漏电电流。另外,根据本发明的网眼式喷雾器,能使液体高效地雾化并进行喷雾,另外,能抑制消耗电流的增大。

## 附图说明

[0037] 图1是示出本发明的一个实施方式的超声波振子驱动装置的在从驱动电压产生部向作为超声波振子的喇叭振子的配线路径中插设有变换电路的电路构成的图。

[0038] 图2是示出搭载有上述超声波振子驱动装置的网眼式喷雾器的雾化部的构成的图。

[0039] 图3是示出构成上述超声波振子驱动装置的控制部进行的控制的概略流程的图。

[0040] 图4是示出上述控制部进行的频率控制的流程的图。

[0041] 图5的(A)、图5的(C)是示出使上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压的频率依次上升时的从上述驱动电压产生部流向上述变换电路的第1电流的变化的图。图5的(B)、图5的(D)分别与图5的(A)、图5的(C)对应,是示出使上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压的频率依次上升时的从上述变换电路流向上述喇叭振子的第2电流的变化的图。

[0042] 图6的(A)、图6的(C)是示出使上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压的频率依次上升时的从上述驱动电压产生部流向上述变换电路的第1电流的变化的图。图6的(B)、图6的(D)分别与图6的(A)、图6的(C)对应,是示出使上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压的频率依次上升时的从上述变换电路流向上述喇叭振子的第2电流的变化的图。

[0043] 图7的(A)是示出使上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压的频率进一步上升时的从上述驱动电压产生部流向上述变换电路的第1电流的变化的图。图7的(B)与图7的(A)对应,是示出使上述驱动电压产生部所产生的矩形波状的交变电压的频率进一步上升时的从上述变换电路流向上述喇叭振子的第2电流的变化的图。

[0044] 图8是示出驱动电压的频率的变化带来的喇叭振子的阻抗(用实线表示)与相位(用虚线表示)的变化的图。

[0045] 图9是关于某个喇叭振子(将共振频率称为 $f_r$ ),示出驱动电压的频率的实用范围的图。

[0046] 图10是关于由于制造偏差而共振频率不同的3个喇叭振子样本,示出使检测驱动电压的频率变化时的每单位时间的喷雾量的变化的图。

## 具体实施方式

[0047] 以下,参照附图详细说明本发明的实施方式。

[0048] 图2示出了搭载有本发明的一个实施方式的超声波振子驱动装置的网眼式喷雾器(用附图标记1表示整体)的雾化部的构成。该网眼式喷雾器1具备:在上部具有开口18的主体10;以及内置于该主体10内的作为超声波振子的喇叭振子40。在主体10的外面设有未图示的电源开关。

[0049] 喇叭振子40是将振动面43、压电元件41和喇叭42组合为一体而构成的,其中,振动面43相对于上方的开口18水平配置,压电元件41配置在从该振动面43向下方分离的位置,喇叭42配置在压电元件41和振动面43之间,将压电元件41的振动放大并且传递到振动面43。对喇叭振子40(准确地说是压电元件41)的驱动电压由后述的超声波振子驱动装置60供应。该喇叭振子40具有如图8、图9中所例示的固有的共振频率 $f_r$ 。

[0050] 在开口18和振动面43之间,可装卸地配置安装有更换构件20。该更换构件20包含:与振动面43相对的作为平坦片的膜21;以及支撑该膜21的周缘的大致圆环状的底板部22。膜21通过粘接或者熔接而装配于底板部22的上表面。膜21中的大致中央的区域构成了网眼部21a。在网眼部21a形成有贯通膜21的多个微小的贯通孔(未图示)。底板部22在本例中为了定位而以1个部位抵接于振动面43的缘部43e。更换构件20以相对于振动面43稍微倾斜的状态与喇叭振子40一起被主体10内的未图示的部件支撑。此外,关于网眼部21a,也可以代替膜21而在平板中形成多个微小的贯通孔来构成。

[0051] 在该网眼式喷雾器1进行动作时,用户使主体10相对于竖直方向稍微倾斜。由此,从主体10内的供液部17如箭头F所示那样向喇叭振子40的振动面43上供应液体(在本例中为药液)。也就是说,向振动面43和网眼部21a之间供应药液。然后,当用户将电源开关接通时,会对喇叭振子40的压电元件41施加驱动电压,通过喇叭42使振动面43振动。由此,通过网眼部21a(更准确地说是贯通膜21的多个贯通孔)而使药液雾化,通过开口18进行喷雾。

[0052] 图1示出了搭载于网眼式喷雾器1的超声波振子驱动装置60的模块构成。

[0053] 该超声波振子驱动装置60包含:驱动电压产生部62;作为从驱动电压产生部62向喇叭振子40延伸的配线路径的一对配线67、68;以及插设于这些配线67、68的变换电路63。另外,该超声波振子驱动装置60包含:第1电流检测部65;第2电流检测部66;以及控制部61,其基于这些第1电流检测部65、第2电流检测部66的输出对上述的驱动电压产生部62进行控制。

[0054] 驱动电压产生部62包含例如市面销售的函数发生器用IC(集成电路)用IC(集成电路),产生在包含喇叭振子40的共振频率 $f_r$ 的频率范围中频率可变的作为驱动电压的来源的矩形波状的交变电压 $V_g$ 。在本例中,驱动电压产生部62具有至少在175kHz~185kHz的范围内能使频率 $f$ 按每0.05kHz可变的功能。另外,交变电压 $V_g$ 的正电压期间与负电压期间之比是可变的,在本例中设为1比1(占空比为50%)。该驱动电压产生部62包含放大部,输出具有足以对喇叭振子40进行驱动的振幅的交变电压 $V_g$ 。

[0055] 变换电路63包含:插设于一方配线67的作为感应性电抗元件的线圈L1;连接在该配线67中的比线圈L1靠喇叭振子40的一侧(在图1中指右侧。以下,仅称为“右侧”。)的部位67c与接地GND(在图1中用▽标记表示。以下同样。)之间的作为电容性电抗元件的电容器C1;插设于另一方配线68的作为感应性电抗元件的线圈L2;以及连接在该配线68中的比线圈L2靠右侧的部位68c与接地GND之间的作为电容性电抗元件的电容器C2。例如图5的(A)中所示,该变换电路63将驱动电压产生部62所产生的矩形波状的交变电压 $V_g$ 变换为正弦波状的交变电压 $V_a$ 。该正弦波状的交变电压 $V_a$ 作为驱动电压施加到图1中所示的喇叭振子40。因此,即使驱动电压的频率 $f$ 稍微偏离喇叭振子40的共振频率 $f_r$ ,也能抑制驱动效率的降低。

[0056] 在本例中,变换电路63在包含喇叭振子40的共振频率 $f_r$ 的175kHz~185kHz的频率范围中表现出的阻抗被设定为与喇叭振子40的阻抗的最小值 $Z_{min}$ (在本例中为约100Ω)大致一致。具体地说,设定为 $L1=L2=47\mu H$ , $C1=C2=4700pF$ 。由此,在频率 $f=179kHz$ 附近, $L1$ 与 $C1$ 的串联阻抗、 $L2$ 与 $C2$ 的串联阻抗分别为约136Ω。

[0057] 第1电流检测部65包含:插设于上述配线68中的驱动电压产生部62与线圈L2之间的电流检测用的电阻元件R2;以及将在该电阻元件R2中发生了下降的电压进行放大的运算放大器(Operational Amplifier)U1。在该配线68中的电阻元件R2的驱动电压产生部62侧

(在图1中指左侧。以下,仅称为“左侧”。)的部位68a与接地GND之间串联连接有分压用的电阻元件R5、R6。这些电阻元件R5、R6之间的连接点的电位被输入到运算放大器U1的非反相输入端子(+)。另外,在该配线68中的电阻元件R2右侧的部位68b与接地GND之间串联连接有分压用的电阻元件R7、R8。这些电阻元件R7、R8之间的连接点的电位被输入到运算放大器U1的反相输入端子(-)。在运算放大器U1的输出端子(OUT)与反相输入端子(-)之间连接有反馈用的电阻元件R9。根据该构成,第1电流检测部65检测从驱动电压产生部62经过电阻元件R2流向变换电路63的第1电流 $i_1$ 。第1电流检测部65的输出 $i_{1a}$ 被输入到控制部61。

[0058] 同样,第2电流检测部66包含:插设于上述的配线68中的线圈L2与喇叭振子40之间的电流检测用的电阻元件R4;以及将在该电阻元件R4中发生了下降的电压进行放大的运算放大器U2。在该配线68中的电阻元件R4的左侧的部位68d与接地GND之间以串联连接有分压用的电阻元件R10、R11。这些电阻元件R10、R11之间的连接点的电位被输入到运算放大器U2的非反相输入端子(+)。另外,在该配线68中的电阻元件R4的右侧的部位68e与接地GND之间串联连接有分压用的电阻元件R12、R13。这些电阻元件R12、R13之间的连接点的电位被输入到运算放大器U2的反相输入端子(-)。在运算放大器U1的输出端子(OUT)与反相输入端子(-)之间连接有反馈用的电阻元件R14。根据该构成,第2电流检测部66检测从变换电路63流向喇叭振子40的第2电流 $i_2$ 。第2电流检测部66的输出 $i_{2a}$ 被输入到控制部61。

[0059] 在本例中,分别设定为 $R_2=R_4=100\text{m}\Omega$ ,  $R_5=R_6=R_7=R_8=R_9=R_{10}=R_{11}=R_{12}=R_{13}=R_{14}=100\text{k}\Omega$ 。

[0060] 此外,为了取得配线67、68间的阻抗的平衡,在配线67中的驱动电压产生部62与线圈L1之间插设有电阻元件R1。另外,在配线67中的线圈L1与喇叭振子40之间插设有电阻元件R3。在本例中,设定为 $R_1$ 、 $R_3$ 的值等于 $R_2$ 、 $R_4$ ,  $R_1=R_3=100\text{m}\Omega$ 。

[0061] 控制部61包含CPU(Central Processing Unit:中央运算处理装置),作为频率控制部进行工作,基于第1电流检测部65的输出 $i_{1a}$ 和第2电流检测部66的输出 $i_{2a}$ 并利用控制信号Cnt1f对驱动电压产生部62的动作对进行控制。除此以外,控制部61还对网眼式喷雾器1的动作整体进行控制。

[0062] 如图3所示,当网眼式喷雾器1的电源开关接通时,控制部61作为频率控制部进行工作,进行如下所述的频率控制的处理(图3的步骤S11)。在用户将电源开关接通后经过了固定期间(例如10分钟)时,或者在用户将电源开关切断时,控制部61结束处理(图3的步骤S12)。

[0063] 控制部61进行的频率控制的处理按照图4所示的流程进行。

[0064] 即,如图4的步骤S21所示,控制部61首先将驱动电压产生部62所产生的矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 设定为预先决定的开始频率 $f_0$ 。该开始频率 $f_0$ 例如可以按各个喇叭振子40中的每个喇叭振子40预先决定,或者也可以考虑到共振频率的制造偏差,以按喇叭振子40的每个批次例如使共振频率的代表值(平均值)一致的方式预先决定。

[0065] 接下来,如图4的步骤S22所示,控制部61基于第1电流检测部65的输出 $i_{1a}$ ,检测从驱动电压产生部62流向变换电路63的第1电流 $i_1$ ,并且基于第2电流检测部66的输出 $i_{2a}$ ,检测从变换电路63流向喇叭振子40的第2电流 $i_2$ 。在本例中,例如图5的(A)中所示,将第1电流 $i_1$ 的峰-峰(peak-to-peak)值 $i_{1p\_p}$ ,并且如图5的(B)中所示,检测第2电流 $i_2$ 的峰-峰值 $i_{2p\_p}$ 。



[0066] 接下来,如图4的步骤S23所示,控制部61判断第1电流 $i_1$ 与第2电流 $i_2$ 之间的差,在本例中为第1电流 $i_1$ 的峰-峰值 $i_{1p\_p}$ 与第2电流 $i_2$ 的峰-峰值 $i_{2p\_p}$ 之间的差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )是否处于极小值附近。在此,是否处于极小值附近可以根据差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )是否为预先决定的阈值以下来进行判断。

[0067] 在此,如果差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )处于极小值附近(图4的步骤S23中为“是”),则控制部61对驱动电压产生部62进行维持矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 的控制。然后,反复进行步骤S22~S24的处理。

[0068] 另一方面,如果差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )不处于极小值附近(图4的步骤S23中为“否”),则控制部61对驱动电压产生部62进行使矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 变高或者变低的控制,以使差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )接近极小值附近(图4的步骤S25)。然后,控制部61反复进行步骤S22~S23、S25的处理,直到差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )来到极小值附近为止。

[0069] 在这样的情况下,当通过上述控制而 $i_{1p\_p}$ 与 $i_{2p\_p}$ 之间的差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )变为了极小值附近时,变换电路63的阻抗与喇叭振子40的阻抗匹配。因此,第1电流 $i_1$ 与第2电流 $i_2$ 之间的差即通过变换电路63去往接地GND的漏电电流被抑制。其结果是,能抑制消耗电流的增大。

[0070] 为了进行验证,图5的(A)、图5的(C)、图6的(A)、图6的(C)、图7的(A)关于某个喇叭振子40,示出了使驱动电压产生部62所产生的矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 从 $f=178.85\text{kHz}$ 按每 $0.1\text{kHz}$ 依次上升时的从驱动电压产生部62流向变换电路63的第1电流 $i_1$ 的变化。在这些图中,示出了第1电流 $i_1$ 的峰-峰值 $i_{1p\_p}$ 。另外,图5的(B)、图5的(D)、图6的(B)、图6的(D)、图7的(B)分别与图5的(A)、图5的(C)、图6的(A)、图6的(C)、图7的(A)对应,示出了使驱动电压产生部62所产生的矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 从 $f=178.85\text{kHz}$ 按每 $0.1\text{kHz}$ 依次上升时的从变换电路63流向喇叭振子40的第2电流 $i_2$ 的变化。在这些图中,示出了第2电流 $i_2$ 的峰-峰值 $i_{2p\_p}$ 。而且,在这些图中,为了易于理解,驱动电压产生部62所产生的矩形波状的交变电压 $V_g$ 、变换电路63进行变换后的正弦波状的交变电压 $V_a$ 是将零电平进行了移位而图示的。

[0071] 如果读取这些图中的第1电流 $i_1$ 的峰-峰值 $i_{1p\_p}$ 、第2电流 $i_2$ 的峰-峰值 $i_{2p\_p}$ ,则分别如下表1的左起第2栏、第3栏记载的那样。另外,如果算出这些 $i_{1p\_p}$ 与 $i_{2p\_p}$ 之间的差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ ),则如表1的最右栏记载的那样。此外, $i_{1p\_p}$ 、 $i_{2p\_p}$ 的读取、差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )的算出由共用的单位(CPU用于进行数字处理的任意单位)进行。在该结果中,随着矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 从 $f=178.85\text{kHz}$ 按每 $0.1\text{kHz}$ 依次上升,差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )按109、80、24、56、68发生了变化。即,在频率 $f=179.05\text{kHz}$ 时,差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )为24,变为了极小值或者其附近。

[0072] (表1)

[0073]

频率 $f$	$i_{1p\_p}$	$i_{2p\_p}$	差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )
178.85kHz	302	193	109
178.95kHz	257	177	80
179.05kHz	181	157	24(极小值附近)
179.15kHz	193	137	56
179.25kHz	185	117	68

[0074] 因此,在该喇叭振子40的情况下,通过控制部61的上述频率控制,驱动电压产生部62会将矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 控制(维持)为 $f=179.05\text{kHz}$ 。其结果是,能抑制通过变换电路63去往接地GND的漏电电流,能抑制消耗电流的增大。

[0075] 另外,如上所述,变换电路63在包含喇叭振子40的共振频率 $f_r$ 的 $175\text{kHz}\sim 185\text{kHz}$ 的频率范围中表现出的阻抗被设定为与喇叭振子40的阻抗的最小值 $Z_{\min}$ (在本例中为约 $100\Omega$ )大致一致。在此,在通过上述频率控制而 $i_{1p\_p}$ 与 $i_{2p\_p}$ 之间的差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )变为了极小值附近时,变换电路63的阻抗与喇叭振子40的阻抗匹配。因此,此时,矩形波状的交变电压 $V_g$ 的频率 $f$ 与喇叭振子40的共振频率 $f_r$ (得出喇叭振子40的阻抗的最小值 $Z_{\min}\approx 100\Omega$ 时的频率)大致一致。其结果是,喇叭振子40的驱动效率变高。

[0076] 因此,根据该网眼式喷雾器1,能使液体高效雾化而进行喷雾,另外,能抑制消耗电流的增大。

[0077] 此外,在上例中,第1电流 $i_1$ 与第2电流 $i_2$ 之间的差设为了第1电流 $i_1$ 的峰-峰值 $i_{1p\_p}$ 与第2电流 $i_2$ 的峰-峰值 $i_{2p\_p}$ 之间的差( $i_{1p\_p}-i_{2p\_p}$ )。然而,不限于此。第1电流 $i_1$ 与第2电流 $i_2$ 之间的差也可以是第1电流 $i_1$ 的振幅与第2电流 $i_2$ 的振幅之间的差,或者也可以是第1电流 $i_1$ 的有效值与第2电流 $i_2$ 的有效值之间的差。在任何一种情况下,都能与第1电流 $i_1$ 、第2电流 $i_2$ 、第1、第2电流的相位无关地简单求出上述“差”。

[0078] 以上的实施方式为例示,能不脱离本发明的范围而进行各种变形。上述多个实施方式能分别单独成立,但是也能将实施方式彼此组合。另外,不同的实施方式中的各种的特征也能分别单独成立,但是也能将不同的实施方式中的特征彼此组合。

[0079] 附图标记说明

[0080] 1 网眼式喷雾器

[0081] 10 主体

[0082] 20 更换构件

[0083] 21a 网眼部

[0084] 40 喇叭振子

[0085] 41 压电元件

[0086] 42 喇叭

[0087] 43 振动面

[0088] 60 超声波振子驱动装置

[0089] 61 控制部

[0090] 62 驱动电压产生部

[0091] 63 变换电路

[0092] 65 第1电流检测部

[0093] 66 第2电流检测部。

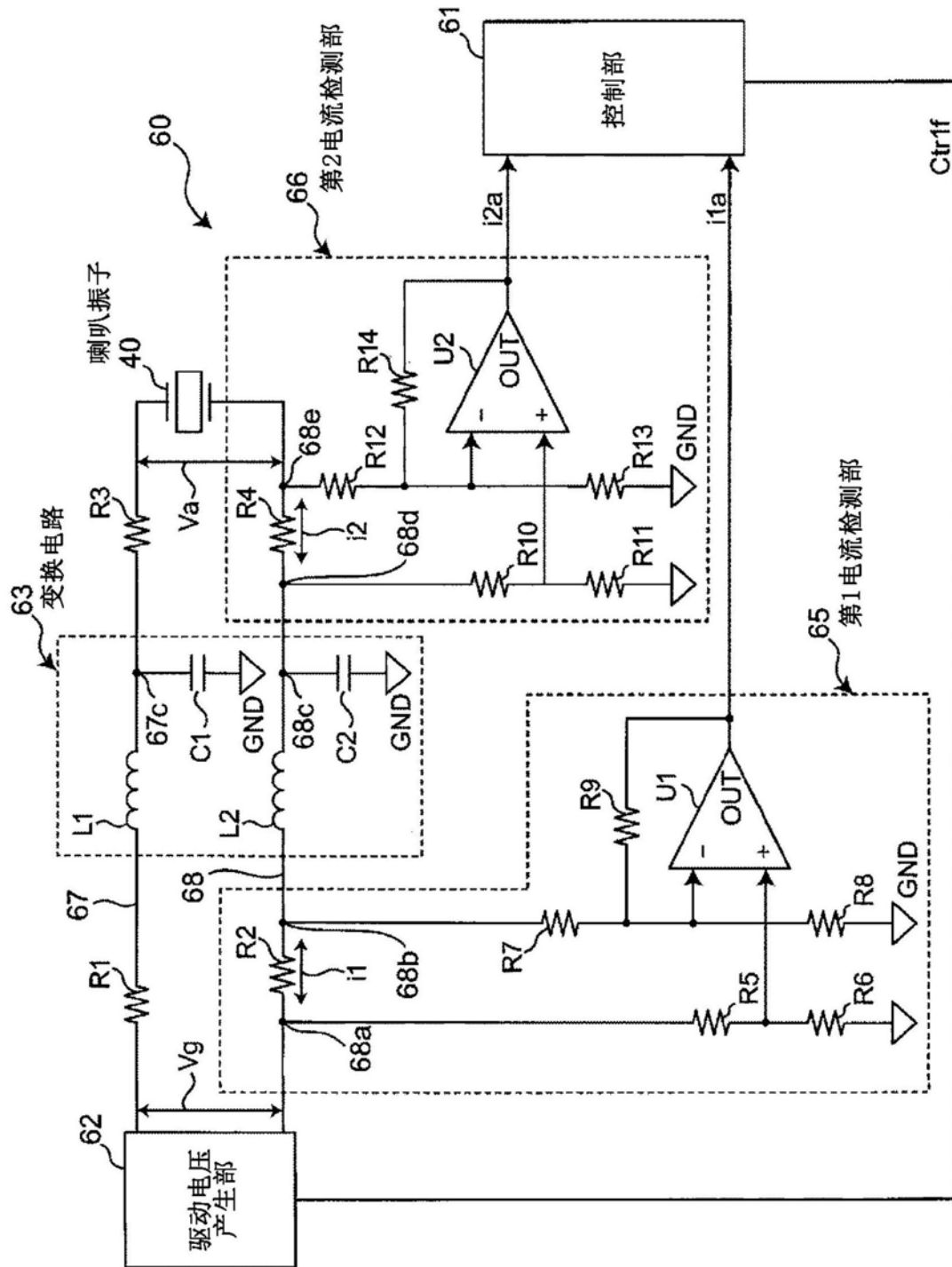


图1

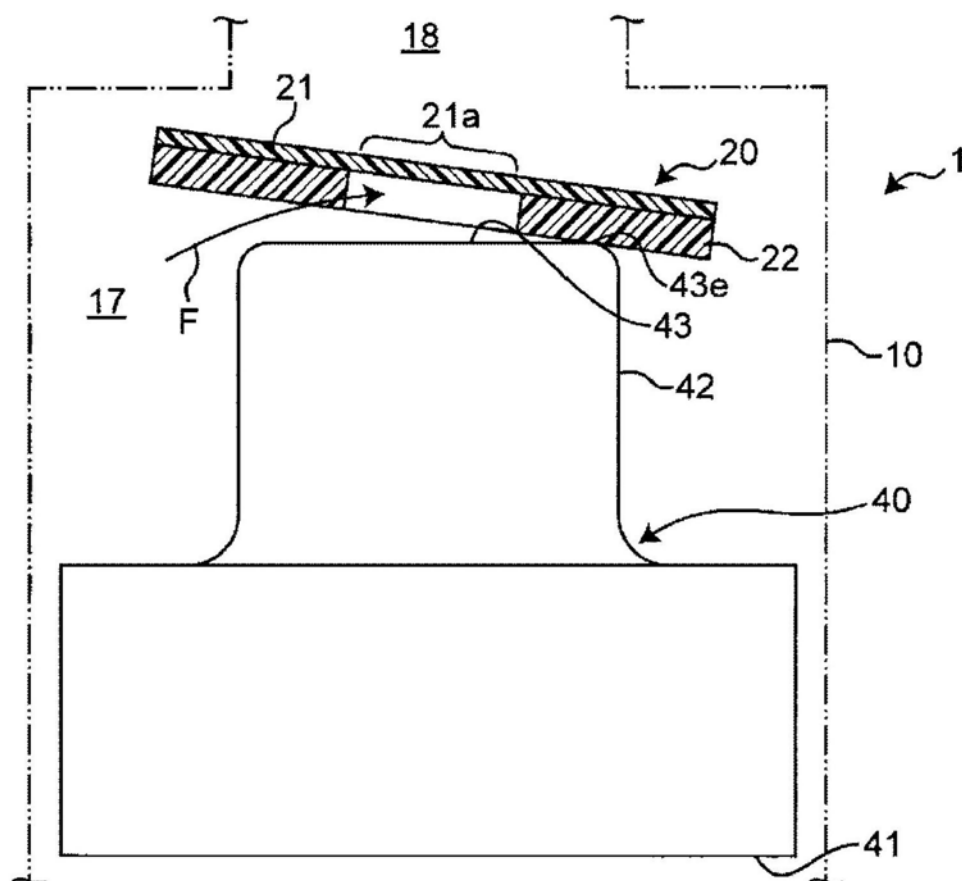


图2

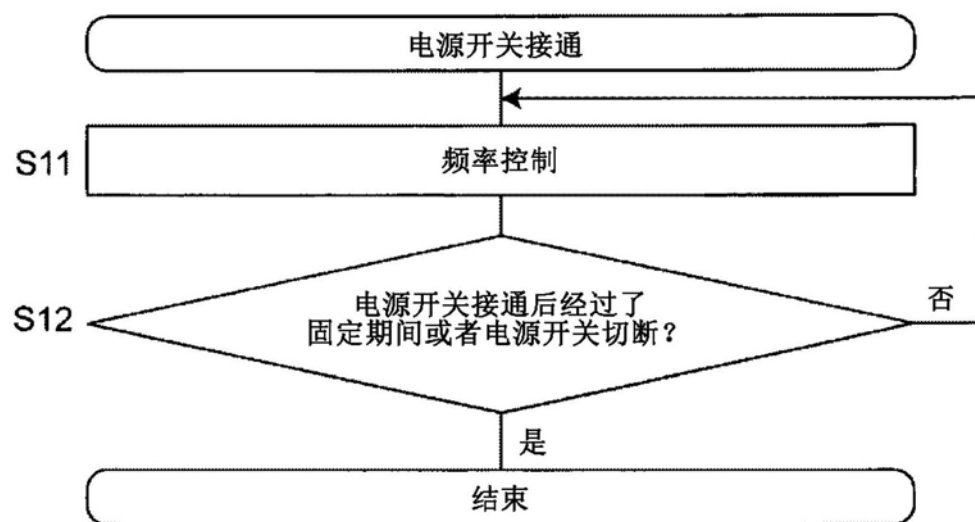


图3

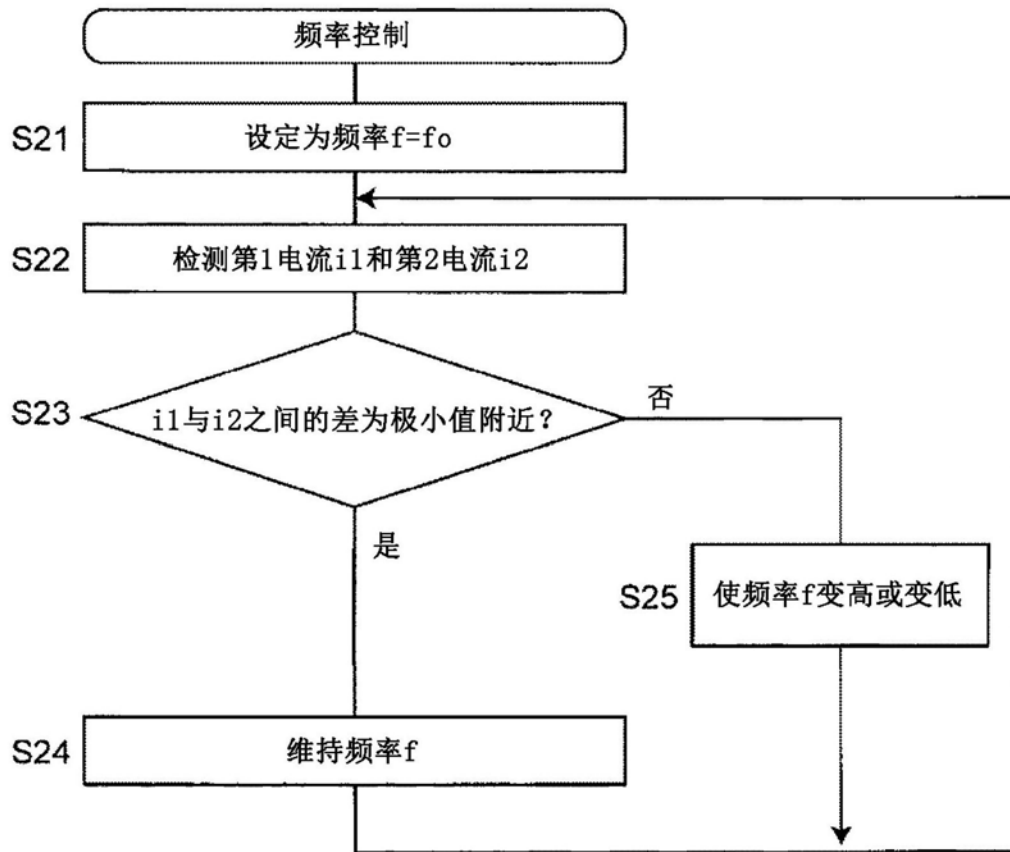


图4

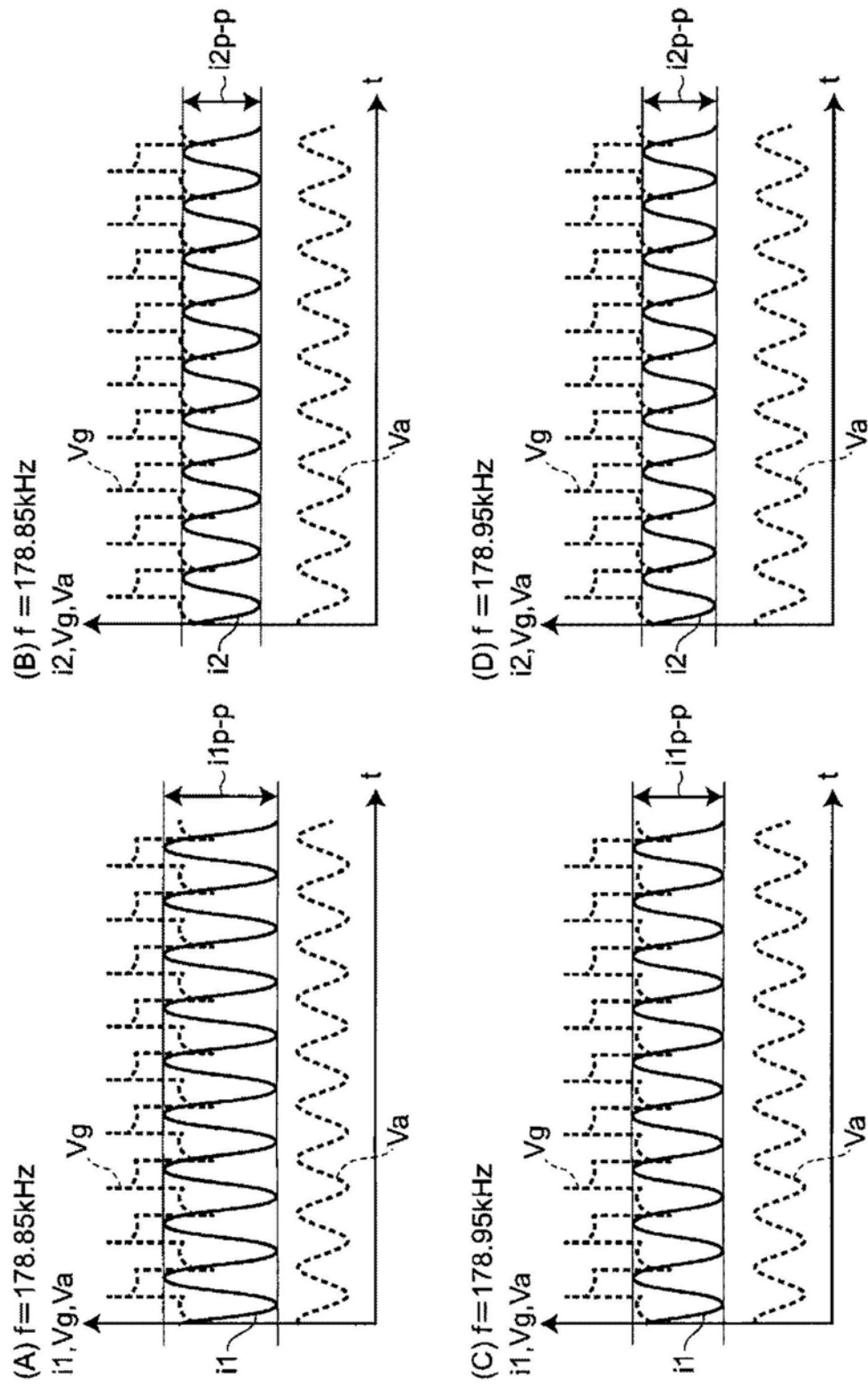


图5

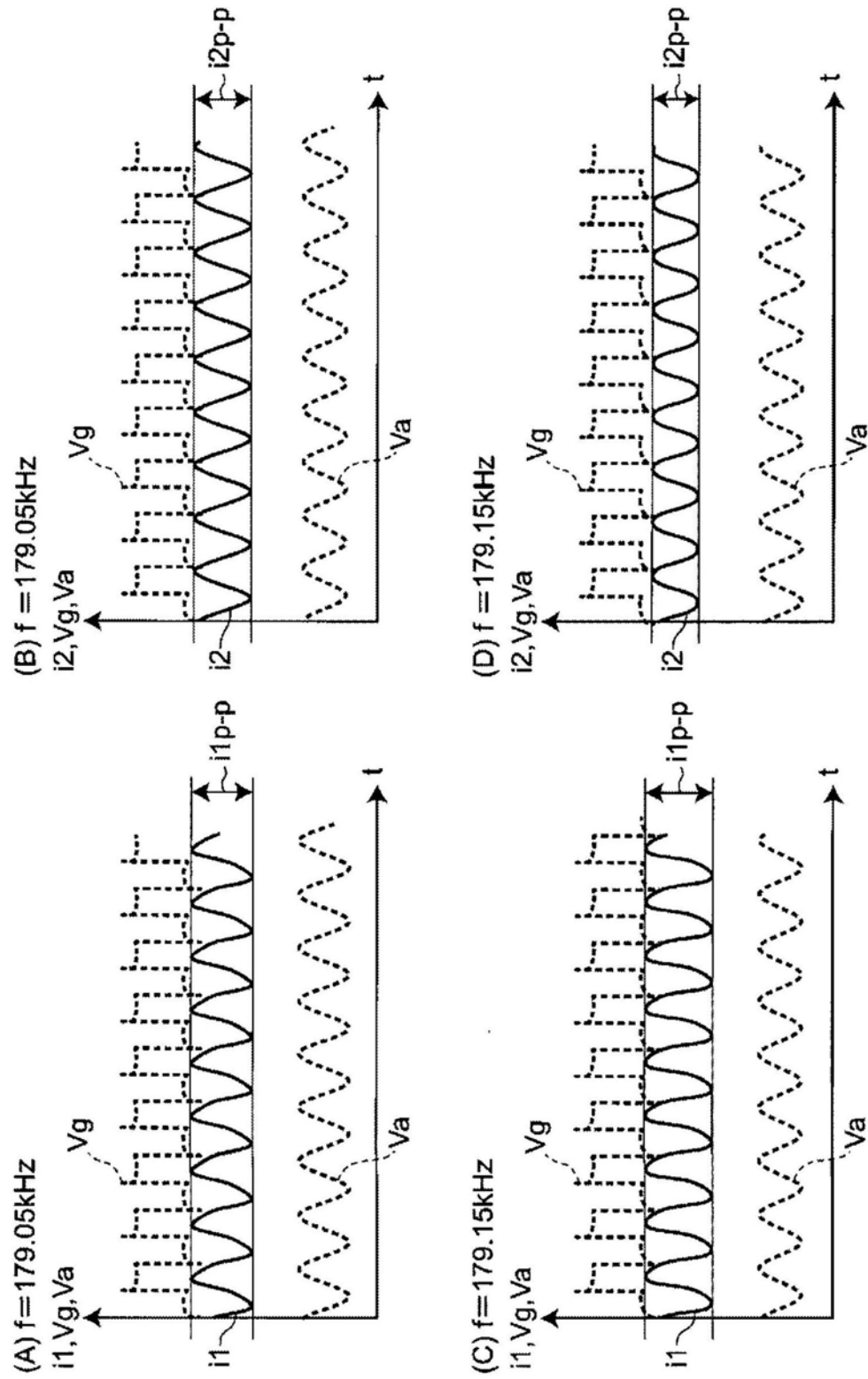


图6

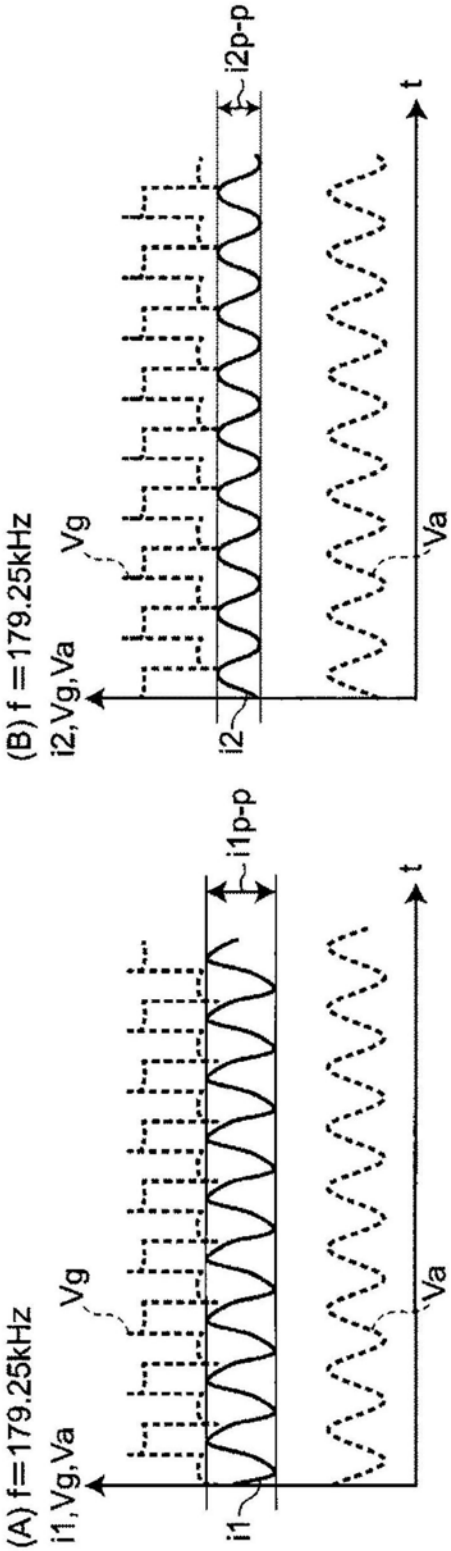


图7



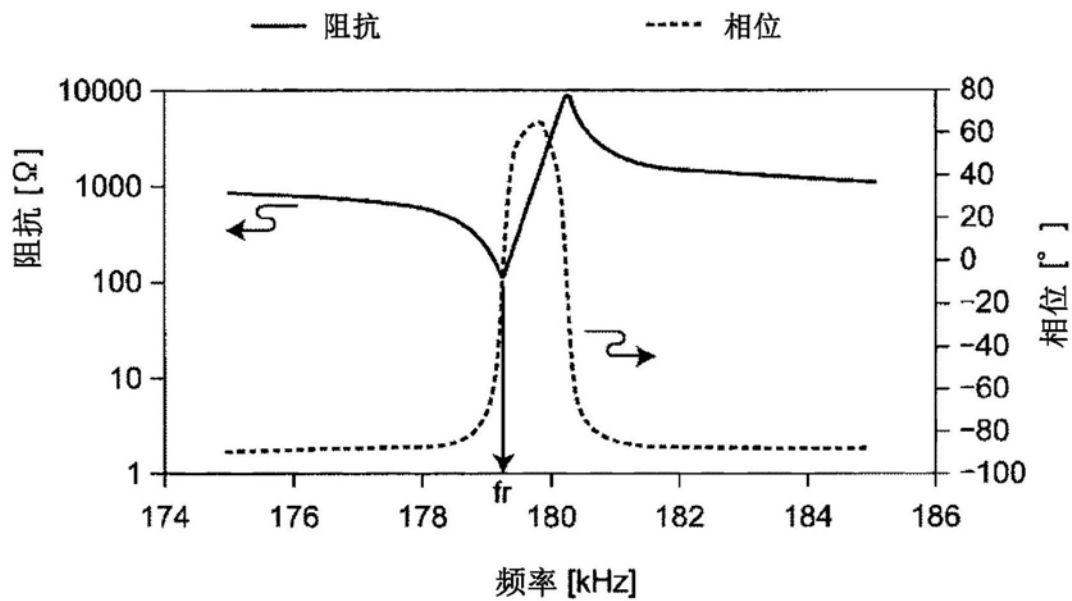


图8

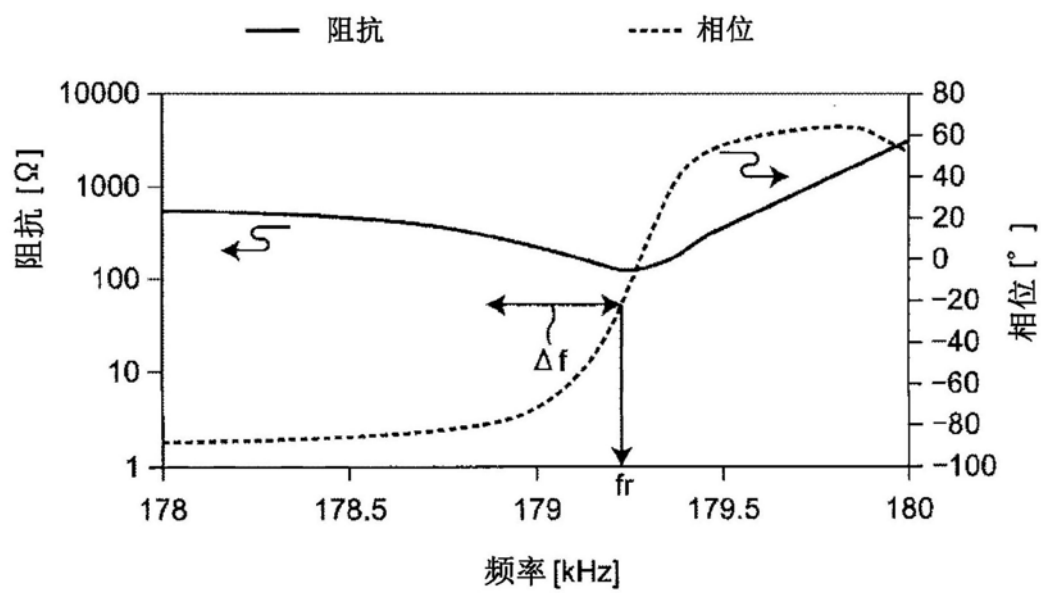


图9

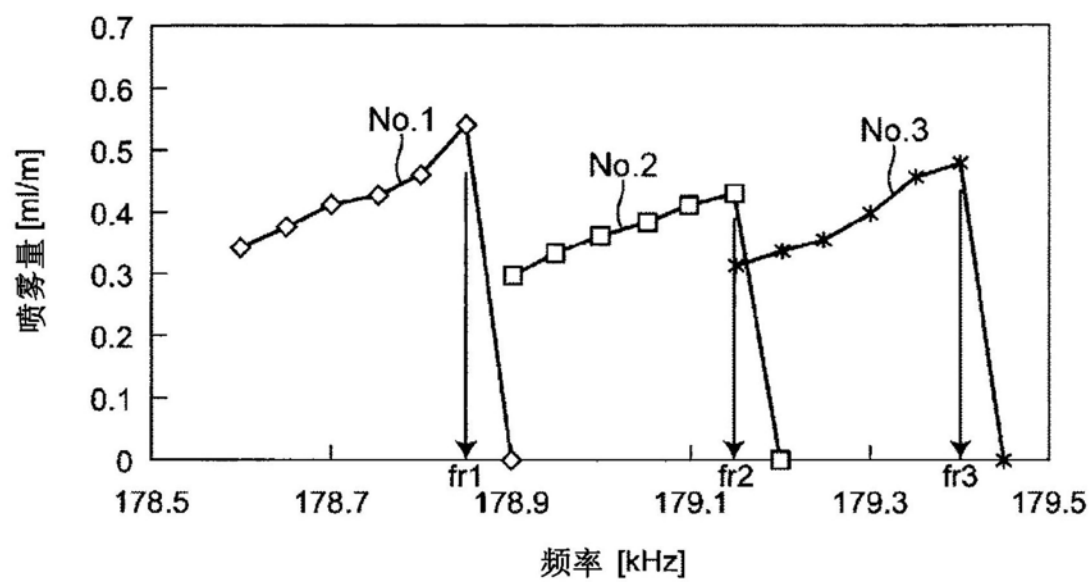


图10