



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104080417 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 01

(21) 申请号 201380006084. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 06. 12

A61B 18/00 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/695, 885 2012. 08. 31 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 07. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/066225 2013. 06. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/034224 JA 2014. 03. 06

(71) 申请人 奥林巴斯医疗株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 铜庸高

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所（普通合伙） 11277

代理人 刘新宇

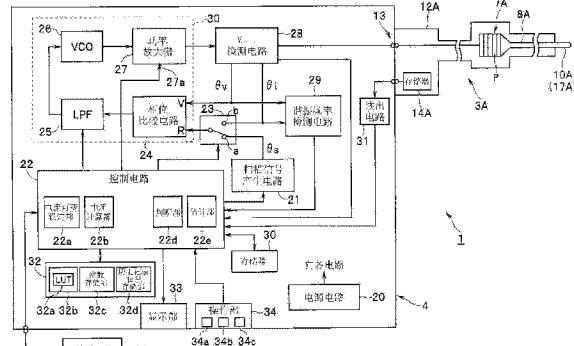
权利要求书3页 说明书14页 附图9页

(54) 发明名称

超声波手术系统

(57) 摘要

超声波手术系统具备：手持件，其具有产生超声波振动的超声波振子以及被传递超声波振动的处置部；驱动电流输出部，其被设置于手持件装卸自由地连接的电源装置，生成并输出用于驱动超声波振子的驱动电流；驱动频率输出部，其检测并输出用于使超声波振子以其谐振频率进行驱动的驱动频率；以及电流可变设定部，其根据由驱动频率输出部检测出的驱动频率对由驱动电流输出部生成的驱动电流进行可变设定以将处置部处的超声波振动的振幅或者振动速度保持为规定值。



1. 一种超声波手术系统,其特征在于,具备:

手持件,其具有探针和能够产生超声波振动的超声波振子,该探针与上述超声波振子连结,能够将由上述超声波振子产生的上述超声波振动传递到处置部;

电源装置,上述手持件装卸自由地连接于该电源装置,该电源装置用于驱动上述超声波振子;

驱动电流输出部,其构成为被设置于上述电源装置,生成用于对搭载于与该电源装置相连接的上述手持件的上述超声波振子进行驱动的驱动电流,将所生成的驱动电流输出到上述超声波振子;

驱动频率输出部,其构成为被设置于上述电源装置,检测用于使搭载于与该电源装置相连接的上述手持件的上述超声波振子以其谐振频率进行驱动的驱动频率,输出检测出的上述驱动频率;以及

电流可变设定部,其构成为被设置于上述电源装置,根据由上述驱动频率输出部检测出的上述驱动频率对由上述驱动电流输出部生成的驱动电流进行可变设定,以将被设置于与该电源装置相连接的上述手持件中的上述探针的前端部的上述处置部处的上述超声波振动的振幅或者振动速度保持为规定值。

2. 根据权利要求 1 所述的超声波手术系统,其特征在于,

还具有第一信息存储部,该第一信息存储部构成为存储第一信息,在与同上述电源装置相连接的上述手持件对应地决定与上述规定值对应的输出到上述超声波振子的规定的驱动电流值以将该手持件的上述处置部处的上述超声波振动的上述振幅或者上述振动速度保持为上述规定值时参照该第一信息,

上述电流可变设定部参照上述第一信息对由上述驱动电流输出部生成的上述驱动电流进行可变设定,使其成为上述规定的驱动电流值。

3. 根据权利要求 2 所述的超声波手术系统,其特征在于,

上述第一信息存储部被设置于上述手持件内。

4. 根据权利要求 2 所述的超声波手术系统,其特征在于,

上述第一信息存储部被设置于上述电源装置内。

5. 根据权利要求 2 所述的超声波手术系统,其特征在于,

上述第一信息存储部存储包含上述手持件所固有的识别信息的上述第一信息。

6. 根据权利要求 4 所述的超声波手术系统,其特征在于,

在上述第一信息存储部中,作为上述第一信息包含上述规定的驱动电流值的信息。

7. 根据权利要求 4 所述的超声波手术系统,其特征在于,

进一步地,上述手持件存储该手持件所固有的识别信息,

上述第一信息存储部具有查询表存储部,该查询表存储部构成为将与多个固有的识别信息分别对应的上述规定的驱动电流值以查询表的形式进行存储。

8. 根据权利要求 1 所述的超声波手术系统,其特征在于,

上述电源装置具有电流计算部,该电流计算部构成为与同该电源装置相连接的上述手持件对应地计算与上述规定值对应的输出到上述超声波振子的规定的驱动电流值,以将该手持件的上述处置部处的上述超声波振动的上述振幅或者上述振动速度保持为上述规定值,

上述电流可变设定部对由上述驱动电流输出部生成的上述驱动电流进行可变设定，使其成为由上述电流计算部计算出的上述规定的驱动电流值。

9. 根据权利要求 8 所述的超声波手术系统，其特征在于，

还具有第二信息存储部，该第二信息存储部构成为存储第二信息，该第二信息被设定为适合于选择性地与上述电源装置连接的手持件，

上述电流计算部利用上述第二信息来计算上述规定的驱动电流值。

10. 根据权利要求 9 所述的超声波手术系统，其特征在于，

上述电流计算部具有一次函数电流计算部，该一次函数电流计算部构成为使用一次函数来计算上述规定的驱动电流值，该一次函数以由上述驱动频率输出部检测的上述驱动频率为变量，作为参数包含上述第二信息。

11. 根据权利要求 9 所述的超声波手术系统，其特征在于，

上述第二信息存储部被设置于上述电源装置内，上述第二信息存储部存储多个第二信息，该多个第二信息被设定为分别适合于选择性地与上述电源装置连接的多个手持件。

12. 根据权利要求 9 所述的超声波手术系统，其特征在于，

上述第二信息存储部被设置于与上述电源装置装卸自由地连接的各手持件内。

13. 根据权利要求 9 所述的超声波手术系统，其特征在于，

上述电流计算部具有第一电流计算部，该第一电流计算部构成为以由上述驱动频率输出部检测的上述驱动频率为变量，以上述驱动频率越大则上述规定的驱动电流值越大的第一特性来计算上述规定的驱动电流值。

14. 根据权利要求 9 所述的超声波手术系统，其特征在于，

上述电流计算部具有第二电流计算部，该第二电流计算部构成为以由上述驱动频率输出部检测的上述驱动频率为变量，以上述驱动频率越大则上述规定的驱动电流值越小的第二特性来计算上述规定的驱动电流值。

15. 根据权利要求 10 所述的超声波手术系统，其特征在于，

还具备电流存储部，该电流存储部构成为存储与上述第二信息对应的上述规定的驱动电流值。

16. 根据权利要求 9 所述的超声波手术系统，其特征在于，还具备：

频率信息存储部，其构成为预先存储搭载于与上述电源装置装卸自由地连接的上述手持件的上述超声波振子进行谐振的谐振频率和从该谐振频率起的被允许的频率范围的信息；以及

判断部，其构成为对上述驱动频率输出部实际检测出的上述超声波振子进行谐振的上述谐振频率是否在上述频率范围以内进行判断。

17. 根据权利要求 16 所述的超声波手术系统，其特征在于，还具备：

历史记录信息存储部，其构成为存储历史记录信息，该历史记录信息包含与上述电源装置相连接而用于进行处理的手持件的谐振频率；以及

估计部，其构成为根据上述历史记录信息中的上述谐振频率的随时间变化的信息对上述谐振频率达到规定的频率范围的边界的日期和时间进行估计。

18. 根据权利要求 8 所述的超声波手术系统，其特征在于，

上述驱动电流输出部构成进行相位控制以使上述驱动频率追随上述谐振频率的锁相

环电路，使得对于与上述电源装置相连接的上述超声波振子，将上述驱动频率维持为该超声波振子的上述谐振频率。

19. 根据权利要求 1 所述的超声波手术系统，其特征在于，  
上述超声波振子由将多个压电元件进行紧固得到的朗之万型振子构成。

## 超声波手术系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种利用超声波振动来进行用于治疗的手术的超声波手术系统。

### 背景技术

[0002] 近年来, 使用以下一种超声波手术系统, 即, 使用搭载了超声波振子的手持件, 利用超声波振动对病变部进行切开、凝固等用于治疗的手术。

[0003] 例如, 在作为以往例的日本特开平7-303635号公报中公开了以下系统: 使用了追踪谐振频率来进行驱动的锁相环(PLL)控制, 并进行恒流控制, 使用锁相环(PLL)控制使得即使在负荷发生变动的情况下也能够以谐振频率驱动搭载于手持件的超声波振子。另外, 该先行例公开了切换低通滤波器的特性以进行稳定的PLL控制的结构。

[0004] 在通过用螺栓将多个圆环形状的超声波振动元件紧固而得到的朗之万型振子来构成超声波振子的情况下, 按每个产品产生一些特性上的偏差。在以往例中, 检测各超声波振子的谐振频率, 在检测出的谐振频率处, 以作为基准电流的恒定电流(值)进行驱动。但是, 产生以下缺点(问题): 由于按每个产品而不同的特性上的偏差, 在以恒定电流进行驱动的情况下, 有时由于超声波振动而成为从适合于处置的规定值的振幅或者振动速度偏离的振幅值或者振动速度值。

[0005] 本发明是鉴于上述点而完成的, 目的在于提供一种即使按每个产品产生一些特性上的偏差也能够将超声波振子设定为适合于处置的振幅值或者振动速度值的超声波手术系统。

### 发明内容

[0006] 本发明的一个方式的超声波手术系统具备: 手持件, 其具有探针和能够产生超声波振动的超声波振子, 该探针与上述超声波振子连结, 能够将由上述超声波振子产生的上述超声波振动传递到处置部; 电源装置, 上述手持件连接于该电源装置, 该电源装置用于驱动上述超声波振子; 驱动电流输出部, 其构成为被设置于上述电源装置, 生成用于对上述超声波振子进行驱动的驱动电流, 将所生成的驱动电流输出到上述超声波振子; 驱动频率输出部, 其构成为被设置于上述电源装置, 检测用于使搭载于上述手持件的上述超声波振子以其谐振频率进行驱动的驱动频率, 输出检测出的驱动频率; 以及电流可变设定部, 其构成为被设置于上述电源装置, 根据由上述驱动频率输出部检测出的上述驱动频率对由上述驱动电流输出部生成的驱动电流进行可变设定, 以将上述超声波振动的振幅或者振动速度保持为规定值。

### 附图说明

[0007] 图1是表示本发明的第一实施方式的超声波手术系统的整体结构的图。

[0008] 图2是表示构成超声波手术系统的电源装置的内部结构的框图。

[0009] 图3是表示快闪存储器所存储的查询表的一例的图。

- [0010] 图 4 是表示参数存储部所存储的参数的一例的图。
- [0011] 图 5A 是表示对于搭载于手持件的超声波振子的、驱动频率与驱动电流的关系的特性图。
- [0012] 图 5B 是表示对于搭载于种类与图 5A 不同的手持件的超声波振子的、驱动频率与驱动电流的关系的特性图。
- [0013] 图 6 是表示第一实施方式的超声波手术系统的处理过程等的流程图。
- [0014] 图 7 是表示判断谐振频率是否处于被允许的频率范围以内的处理的流程图。
- [0015] 图 8A 是表示使用历史记录信息对适合于处置的期间进行估计的处理内容的流程图。
- [0016] 图 8B 是用于计算表示谐振频率的随时间变化的近似式的说明图。
- [0017] 图 9 是表示第一实施方式的第一变形例的超声波手术系统的结构的图。
- [0018] 图 10 是表示在设置于第一变形例中的连接器内的参数存储部中存储的参数的内容的图。
- [0019] 图 11 是表示在设置于第二变形例中的连接器内的电流值存储部中存储驱动电流值的图。
- [0020] 图 12 是表示在设置于第二变形例中的电源装置内的快闪存储器中存储的信息的图。

## 具体实施方式

- [0021] 以下，参照附图说明本发明的实施方式。
- [0022] (第一实施方式)
- [0023] 如图 1 所示，本发明的第一实施方式的超声波手术系统 1 具有种类不同的手持件 3A、3B 和电源装置 4，该种类不同的手持件 3A、3B 用于对处置对象的生物体组织 L 进行切开、凝固的处置，该电源装置 4 选择性地与手持件 3A、3B 中的一个装卸自由地连接，提供驱动电力。此外，在图 1 中示出两种手持件 3A、3B，但是在电源装置 4 上还能够连接与手持件 3A 或者 3B 相同种类的手持件或者其它种类的手持件 3J (J 为 A、B、…、N)。
- [0024] 各手持件 3J 具有手术师所把持的把持部 5J 以及设置于该把持部 5J 的前端的细长的插入部 (探针部) 6J。
- [0025] 在各把持部 5J 内设置有进行超声波振动的超声波振子 7J，在超声波振子 7J 的前侧端面连结有用于传递由超声波振子 7J 产生的超声波振动的作为超声波传递部件的探针棒 (还称为探针) 8J 的基端。
- [0026] 超声波振子 7J 由朗之万型振子构成，该朗之万型振子是将由多个圆环形状的压电元件 P (参照图 2) 构成的超声波振动元件重叠并用螺栓进行紧固而得到的。
- [0027] 在形成各插入部 6J 的外套管的护套 9J 内贯穿的探针 8J 的前端部从护套 9J 的前端开口突出而形成处置部 10J。
- [0028] 手术师使处置部 10J 与处置对象的生物体组织 L 抵接，由此能够通过由探针 8J 传递的超声波振动对生物体组织 L 进行切开、凝固的处置。
- [0029] 另外，信号线缆 11J 从各把持部 5J 延伸，设置于信号线缆 11J 端部的连接器 12J 装卸自由地连接在电源装置 4 的连接器插座 13 上。而且，利用从设置于电源装置 4 内的后

述的功率放大器 27 输出的交流驱动电流（输出电流）对搭载于与电源装置 4 相连接的手持件 3J 的超声波振子 7J 进行驱动。

[0030] 此外，搭载于各手持件 3J 的朗之万型振子即使属于相同种类，也由于是将多个圆环形状的超声波振动元件用螺栓紧固而制造出的，因此按每个产品产生一些特性上的偏差。

[0031] 在以往例中，对各超声波振子的谐振频率进行检测，在检测出的谐振频率处，用成为基准电流的恒定电流（值）进行驱动。但是，产生以下缺点（问题）：由于按每个产品而不同的偏差，在用恒定电流进行驱动的情况下，有时由于超声波振动而成为从适合于处置的规定值的振幅或者振动速度偏离的振幅值或者振动速度值。

[0032] 这样，超声波振子 7J 中的超声波振动的振幅或者振动速度成为对作为处置对象的生物体组织 L 进行切开、凝固处置时对处置性能带来很大影响的重要参数，因此期望即使按每个产品不同而产生一些特性上的偏差也能够分别设定为适合于处置的振幅值或者振动速度值。

[0033] 在本实施方式中，关注以谐振频率的驱动信号来驱动超声波振子的情况下驱动频率的值与超声波振动的振幅值或者振动速度值之间的关系，对驱动电流（输出电流）进行可变控制使得对于特性不同的情况（特性产生偏差的情况）也能够设定为适合于处置的振幅值或者振动速度值，由此克服上述问题。

[0034] 各手持件 3J 具备存储器 14J，该存储器 14J 存储了分别固有地识别各手持件 3J 的固有信息或者识别信息（ID）。在图 1 示出的例子中，在手持件 3J 内的连接器 12J 内设置有存储器 14J。此外，并不限定于手持件 3J 中的连接器 12J 的情况，也可以在连接器 12J 以外的部分设置存储器 14J。另外，并不限定于存储 ID 的信息的存储器 14J，也可以使用具有与 ID 对应的电阻值的电阻器、与 ID 对应的条形码等。

[0035] 各存储器 14J 形成第一信息存储部，该第一信息存储部存储第一信息，在通过搭载于各手持件 3J 的超声波振子 7J 的超声波振动来进行处置的情况下，为了保持（或者设定）适合于处置的规定值的振幅或者振动速度，在获取与上述规定值对应的驱动电流值时至少参照该第一信息。存储器 14J 所存储的 ID 形成获取驱动电流值时参照的第一信息。此外，在以 ID 构成第一信息的情况下，仅根据 ID 无法决定规定的驱动电流值，因此为了获取规定的驱动电流值，还要参照 ID 以外的信息。

[0036] 另外，适合于处置的规定值的振幅或者振动速度为在处置部 10J 的位置处设定的值，该处置部 10J 设置于超声波振子 7J 的超声波振动经由探针 8J 实际传递到的探针 8J 的前端部。这是由于，处置部 10J 与患部等处置对象的生物体组织 L 抵接而通过处置部 10J 的位置处的超声波振动来进行用于治疗的处置。处置部 10J 通常经由探针 8J 与超声波振子 7J 一体连结来使用，因此在说明书中还使用不是处置部 10J 而是产生适合于处置的规定值的振幅或者振动速度的超声波振子的记载。

[0037] 另外，适合于处置的振幅的第一规定值或者适合于处置的振动速度的第二规定值的表现简单地使用适合于处置的规定值的振幅或者振动速度的表现，严格地说，振幅的情况下第一规定值和振动速度的情况下第二规定值的值和单位不同。

[0038] 在把持部 5J 设置有手术师将手指扣入而进行开闭操作的勾指部 15J。通过对该勾指部 15J 进行开闭操作，使构成处置部 10J 中的一方的可动片 16J 绕其基端转动。由此，在

构成处置部 10J 中的另一方的探针前端部 17J 与可动片 16J 之间把持处置对象的生物体组织 L 并进行处置。此外，也可以不设置勾指部 15J 和可动片 16J 而仅使用探针前端部 17J 对作为处置对象的生物体组织 L 进行处置。

[0039] 如图 2 所示，电源装置 4 具有从商用电源生成直流电源的电源电路 20。该电源电路 20 对电源装置 4 内的各电路提供其动作所需的直流电源。

[0040] 电源装置 4 具有扫描信号产生电路 21，该扫描信号产生电路 21 产生频率（还称为驱动频率）发生变化的扫描信号  $\theta_s$  来生成（电流放大之前的）驱动信号以使搭载于与该电源装置 4 相连接的手持件 3J 的超声波振子 7J 和探针 8J 以其谐振频率进行超声波振动。

[0041] 该扫描信号产生电路 21 产生扫描（或者 scan）规定范围的频率的扫描信号  $\theta_s$ ，以对搭载于与电源装置 4 相连接的一种或者多种手持件中的任一个手持件 3J 的超声波振子 7J 和探针 8J 均能够施加包含谐振频率的扫描信号  $\theta_s$ 。

[0042] 在本实施方式中，扫描信号产生电路 21 例如产生以 47kHz 为中心频率、作为包含其周围的规定范围的频率而覆盖 46.0kHz 至 48.0kHz 左右的扫描信号  $\theta_s$ 。但是，本发明并不限定于在该范围内产生扫描信号  $\theta_s$  的情况。例如，也可以是要扫描的频率范围更大的扫描信号产生电路，与超声波振子 7J 和探针 8J 的谐振频率特性对应地、以进行扫描时的中心频率与 47kHz 不同的频率范围产生扫描信号  $\theta_s$  的扫描信号产生电路。另外，也可以是以更大频率范围产生扫描信号  $\theta_s$  的扫描信号产生电路，以在种类不同的超声波振子 7J、探针 8J 的情况下也能够进行应对。

[0043] 该扫描信号产生电路 21 例如能够使用压控振荡电路（简称为 VCO 电路）构成，该压控振荡电路根据被施加的输入电压的值来输出振荡频率不同的扫描信号  $\theta_s$ 。

[0044] 该扫描信号产生电路 21 根据从控制电路 22 输出的控制用的规定范围的电压信号来输出振荡频率大致连续地发生变化的扫描信号  $\theta_s$ 。

[0045] 扫描信号  $\theta_s$ （的电压信号）经由被控制电路 22 控制切换的开关电路 23 的触点 a 被施加到进行相位比较的相位比较电路 24 的一个输入端，更具体地说是参考侧输入端 R。

[0046] 对该相位比较电路 24 的另一个输入端、更具体地说是可变侧（Variableside）输入端 V，施加来自经由功率放大器 27 检测电压和电流的电压电流检测电路（在图 2 中简称为 V、I 检测电路）28 的电压相位信号  $\theta_v$ 。

[0047] 相位比较电路 24 对从该两个输入端输入的两个信号进行相位比较，变换为与相对于施加到参考侧输入端 R 的扫描信号  $\theta_s$  的相位差对应的电压信号而输出。该电压信号被输入到提取直流成分的低通滤波器（简称为 LPF）25，LPF25 将接近直流的控制电压输出到 VCO 电路 26。

[0048] 此外，在切换为开关电路 23 的触点 b 被接通的情况下，电压电流检测电路 28 的电流相位信号  $\theta_i$  被施加到参考侧输入端 R。

[0049] VCO 电路 26 将与接近直流的控制电压相应频率的振荡信号输出到进行电流放大的功率放大器 27。功率放大器 27 通过进行电流放大，生成并输出确保充分的振幅或者振动速度来驱动超声波振子 7J 的作为电流值的驱动信号的驱动电流。

[0050] 也就是说，功率放大器 27 构成驱动电流输出部（或者驱动信号输出部），该驱动电流输出部（或者驱动信号输出部）生成用于驱动超声波振子 7J 的驱动电流（驱动信号），将所生成的驱动电流输出到超声波振子 7J。

[0051] 该功率放大器 27 由电流放大率可变放大器构成, 该电流放大率可变放大器的电流放大率与施加到电流放大率控制端 27a 的电压值相应地发生变化。控制电路 22 通过使施加到电流放大率控制端 27a 的控制电压值变化, 来对从功率放大器 27 输出的用于驱动超声波振子 7J 的驱动电流(输出电流)的值进行可变控制(可变设定)。因此, 控制电路 22 具有对构成驱动电流输出部的功率放大器 27 所生成或者输出的驱动电流进行可变设定(或者可变控制)的电流可变设定部 22a 的功能。

[0052] 从功率放大器 27 输出的驱动信号被输入到电压电流检测电路 28, 该电压电流检测电路 28 对该驱动信号中的电压相位信号  $\theta_v$  和电流相位信号  $\theta_i$  进行检测。

[0053] 从功率放大器 27 输出的驱动信号经由电压电流检测电路 28 施加到搭载于与连接器插座 13 相连接的手持件 3J 的超声波振子 7J。

[0054] 电压电流检测电路 28 将驱动超声波振子 7J 的状态下的从功率放大器 27 输出的驱动信号的电压相位信号  $\theta_v$  和电流相位信号  $\theta_i$  输出到用于检测谐振频率的谐振频率检测电路 29。另外, 电压电流检测电路 28 将电压相位信号  $\theta_v$  输出到相位比较电路 24, 将电流相位信号  $\theta_i$  经由开关电路 23 的触点 b 输出到相位比较电路 24。此外, 电压相位信号  $\theta_v$  为施加到超声波振子 7J 的两端的超声波驱动信号的电压发生变化(换言之, 电压的相位发生变化)的电压检测信号, 电流相位信号  $\theta_i$  为流向超声波振子 7J 的电流发生变化(换言之, 电流的相位发生变化)的电流检测信号。

[0055] 上述相位比较电路 24、LPF25、VC026、功率放大器 27 形成用于进行 PLL 控制的 PLL 电路 30。此外, PLL 电路 30 也可以被定义为由还包含开关电路 23 的电路构成。

[0056] 此外, 在扫描信号产生电路 21 输出频率发生变化的扫描信号  $\theta_s$  的情况下, 在构成 PLL 电路 30 的状态下从功率放大器 27 输出的驱动信号的频率也以追随频率发生变化的扫描信号  $\theta_s$  的方式发生变化, 成为被进行了电流放大的驱动信号。另外, 在为了检测谐振频率而输出频率发生变化的扫描信号  $\theta_s$  的情况下, 也可以变更 LPF25 的滤波特性。具体地说, 也可以扩大 LPF25 的通过频带, 设定为容易追随(追踪)频率变化(还称为相位变化)的特性, 在检测谐振频率之后缩小 LPF25 的通过频带。

[0057] 谐振频率检测电路 29 对从扫描信号产生电路 21 输出频率变化的扫描信号  $\theta_s$  时的电压相位信号  $\theta_v$  和电流相位信号  $\theta_i$  进行检测, 判断是否成为电压相位信号  $\theta_v$  与电流相位信号  $\theta_i$  的相位一致的(超声波振子 7J 和探针 8J 的)谐振频率的状态。

[0058] 该谐振频率检测电路 29 由两个相位信号的相位差为最小的相位差检测电路构成。或者, 由于以超声波振子 7J 为负荷的情况下阻抗在谐振频率时变得最小, 因此也可以使用根据电压相位信号  $\theta_v$  和电流相位信号  $\theta_i$  检测使超声波振子 7J 的阻抗为最小的频率作为谐振频率的阻抗检测电路(或者阻抗最小值检测电路)来构成谐振频率检测电路 29。

[0059] 在检测出谐振频率的情况下, 谐振频率检测电路 29 将其检测信号输出到控制电路 22。控制电路 22 当被输入检测信号时, 立即切换开关电路 23, 谐振频率的状态的电流相位信号  $\theta_i$  被输入到相位比较电路 24 的参考侧输入端 R。

[0060] 这样在开关电路 23 被切换之后, 在以追随谐振频率的方式形成了 PLL 控制环的状态下, 对从功率放大器 27 输出的驱动信号的驱动频率进行控制。

[0061] 更具体地进行说明, 成为谐振频率的驱动信号的电流相位信号  $\theta_i$  作为基准信号

输入到相位比较电路 24 的参考侧输入端 R 而驱动信号的电压相位信号  $\theta_v$  输入到可变侧输入端 V 的状态。相位比较电路 24 将与电流相位信号  $\theta_i$  和电压相位信号  $\theta_v$  的相位差对应的电压信号输出到 LPF25。被施加通过 LPF25 而直流化的控制电压的 VCO 电路 26 将与从 LPF25 输出的控制电压的值相应的振荡信号输出到功率放大器 27。功率放大器 27 以电流放大后的驱动信号来驱动超声波振子 7J。功率放大器 27 驱动超声波振子 7J，并且经由电压电流检测电路 28 将该电压相位信号  $\theta_v$  反馈至相位比较电路 24 的可变侧输入端 V，将电流相位信号  $\theta_i$  施加到相位比较电路 24 的参考侧输入端 R。由此，形成 PLL 控制环。

[0062] 通过该 PLL 控制环，从功率放大器 27 输出的驱动信号成为追踪与超声波振子 7J 的谐振频率一致的驱动频率的控制状态。

[0063] 另外，电压电流检测电路 28 将以谐振频率的驱动信号驱动超声波振子 7J 时的电压值 V 和电流值 I(的有效值或者峰值)输出到控制电路 22。

[0064] 另外，在本实施方式中，在以谐振频率的驱动信号驱动超声波振子 7J 的情况下，为了使超声波振子 7J 达到适合于处置的规定值的振幅或者振动速度，控制电路 22 进行控制使得从功率放大器 27 输出到超声波振子 7J 的驱动电流的值成为与上述规定值对应的规定的驱动电流值。

[0065] 此外，也可以在谐振频率检测电路 29 检测出谐振频率的情况下，不经过控制电路 22 而由谐振频率检测电路 29 进行控制以切换开关电路 23 来构成 PLL 控制环。

[0066] 另外，在本实施方式中，在谐振频率检测电路 29 检测出谐振频率的情况下，能够由控制电路 22 掌握该谐振频率。

[0067] 具体地说，在扫描信号产生电路 21 由 VCO 电路构成的情况下，根据在检测出谐振频率的时间点从控制电路 22 输出到 VCO 电路的控制用的电压信号(的电压值)，控制电路 22 能够掌握(或者计算出)对应的谐振频率。或者，也可以构成为以下结构：在谐振频率检测电路 29 检测出谐振频率的情况下，在将检测信号发送给控制电路 22 的同时还发送给扫描信号产生电路 21，将由扫描信号产生电路 21 输出的扫描信号  $\theta_s$  的振荡频率输出到控制电路 22。而且，控制电路 22 将检测出的谐振频率的信息例如存储到存储器 30。存储器 30 形成存储检测出的谐振频率的信息的谐振频率信息存储部。

[0068] 在上述开关电路 23 被切换而在 PLL 控制环的状态下从功率放大器 27 输出用于处置的驱动信号的情况下，控制电路 22 将由谐振频率检测电路 29 检测出的谐振频率设为驱动频率。而且，控制电路 22 在该驱动频率的情况下对功率放大器 27 的电流放大率进行控制以使其成为适合于处置的驱动电流值。

[0069] 电源装置 4 还具有读出电路 31 和作为信息存储部的快闪存储器 32，该读出电路 31 读出与电源装置 4 相连接的手持件 3J 中的存储器 14J 的 ID，该快闪存储器 32 存储为了获取使超声波振子 7J 的超声波振动适合于处置的与规定值的振幅或者振动速度对应的规定的驱动电流值而参照的第一信息或者用于计算规定的驱动电流值的第二信息。

[0070] 当手持件 3J 与电源装置 4 连接时，读出电路 31 从所连接的手持件 3J 的存储器 14J 读出 ID，将读出的 ID 输出到控制电路 22。

[0071] 快闪存储器 32 具有 LUT 存储部 32b，该 LUT 存储部 32b 以查询表(简称为 LUT)32a 存储与 ID 对应的规定的驱动电流值作为用于获取与上述规定值的振幅或者振动速度对应的规定的驱动电流值的第一信息。图 3 示出 LUT32a 的一例。如图 3 所示，将各 ID 与各手持

件 3J 中适合于处置的规定的驱动电流值（在图 3 中简称为驱动电流值）对应地存储。控制电路 22 从 ID 获取对应的驱动电流值，对功率放大器 27 的电流放大率进行控制以成为获取到的规定的驱动电流值。

[0072] 而且，控制电路 22 在由电压电流检测电路 28 检测出的电流成为规定的驱动电流值的状态下锁定控制电压值以锁定功率放大器 27 的电流放大率。另外，控制电路 22 也可以将该情况下的控制电压值例如存储到存储器 30。

[0073] 因而，在锁定功率放大器 27 的电流放大率之后，利用从形成 PLL 控制环的驱动信号输出部（或者驱动电流输出部）输出的追踪谐振频率的驱动信号来驱动超声波振子 7J。并且，超声波振子 7J 维持超声波振动的状态以使探针 8J 的前端部的处置部 10J 的超声波振动保持适合于处置的规定值的振幅或者振动速度。

[0074] 此外，关于存储用于针对规定的驱动电流值设定上述功率放大器 27 的电流放大率的上述控制电压值的存储器 30，构成存储用于将从（构成驱动电流输出部或者驱动电流输出电路的）功率放大器 27 输出的驱动电流设定为适合于处置的规定的驱动电流值的信息的信息存储部或者信息存储设备。

[0075] 在本实施方式中，关于与电源装置 4 相连接而使用的各手持件 3J，在作为产品出厂前预先调查与搭载于该手持件 3J 的超声波振子 7J（和包含处置部 10J 的探针 8J）适合于处置的规定值的振幅或者振动速度对应的驱动电流值，如图 3 的 LUT32a 那样，作为与各 ID 对应的规定的驱动电流值进行存储。

[0076] 控制电路 22 参照由读出电路 31 读取的 ID，从 LUT32a 获取与 ID 对应的规定的驱动电流值，对功率放大器 27 的电流放大率进行控制以使驱动电流值成为获取到的规定的驱动电流值。

[0077] 因此，控制电路 22 具有电流可变设定部 22a 或者电流可变设定装置的功能，根据由驱动频率输出部检测出的驱动频率对作为驱动电流输出部的功率放大器 27 所生成的驱动电流进行可变设定，以将设置于与上述电源装置 4 装卸自由地选择性连接的手持件 3J 的探针 8J 的前端部的处置部 10J 中的超声波振动的振幅或者振动速度保持为（适合于处置的）规定值。

[0078] 另外，如上所述，电流可变设定部 22a 通过从 LUT 存储部 32b 的 LUT32a 获取与 ID 对应的规定的驱动电流值，以可变的方式将由驱动电流输出部生成的驱动电流设定为与上述规定值对应的驱动电流值。

[0079] 另外，如在后文中所述，控制电路 22 也可以构成为具有电流计算部 22b 的功能。电流可变设定部 22a 根据由该电流计算部 22b 计算出的规定的驱动电流值，以可变的方式将由驱动电流输出部生成的驱动电流设定为与上述规定值对应的驱动电流值。

[0080] 这样，在本实施方式中，对于与电源装置 4 相连接的手持件 3J，即使在产品之间搭载于该手持件 3J 的超声波振子 7J 以及与该超声波振子 7J 相连结的探针 8J 的谐振频率不同的情况下，也能够将驱动频率设定为谐振频率，并且设定为与适合于处置的规定值的振幅或者振动速度对应的驱动电流值来驱动超声波振子 7J。

[0081] 电源装置 4 还具备显示部 33 和操作部 34，该显示部 33 显示由功率放大器 27 输出的驱动电流值等的信息，该操作部 34 具备扫描开始按钮 34a，该扫描开始按钮 34a 用于进行各种设定操作、进行使扫描信号产生电路 21 开始产生频率发生变化的扫描信号  $\theta$  s 以

检测超声波振子 7J 的谐振频率的操作。另外，电源装置 4 连接进行驱动信号的输出的接通 / 断开的脚踏开关 35。另外，如图 1 所示，电源装置 4 具有进行电源的接通 / 断开的电源开关 36。

[0082] 此外，也可以构成为不是通过扫描开始按钮 34a 而是通过输出按钮来产生扫描信号  $\theta$  s。另外，也可以除了操作部 34 以外还设置扫描开始按钮 34a、输出按钮。

[0083] 另外，可以在通过扫描开始按钮 34a 而产生了扫描信号  $\theta$  s 之后，检测谐振频率、设定规定的驱动电流值，之后控制电路 22 进行控制以连续地驱动超声波振子 7J，但是也可以进行用于开始输出的准备设定。在该情况下，谐振频率的检测、规定的驱动电流值的设定处理为准备完毕的设定，接收利用脚踏开关 35 进行的输出接通的操作，控制电路 22 使用上述存储器 30 所存储的谐振频率以及设定为规定的驱动电流值的控制电压值，以谐振频率形成 PLL 控制环，并且根据控制电压值从功率放大器 27 以规定的驱动电流值驱动超声波振子 7J。

[0084] 另外，在本实施方式的电源装置 4 中，控制电路 22 能够进行控制（设定）以从 ID 获取对应的规定的驱动电流值，以获取到的规定的驱动电流值来驱动超声波振子 7J，除此以外，还能够进行以下控制：参照与 ID 对应的参数的信息来计算适合于处置的规定的驱动电流值，以计算出的规定的驱动电流值来驱动超声波振子 7J。

[0085] 因此，例如快闪存储器 32 在具有 LUT 存储部 32b 的同时还具有参数存储部 32c，该参数存储部 32c 存储用于根据 ID 计算与该 ID 对应的规定的驱动电流值的参数数据。此外，也可以将参数存储部 32c 设为与快闪存储器 32 不同的存储器、存储设备等。图 4 示出参数存储部 32c 所存储的参数的一例。此外，在图 4 中， $\Delta$  表示与  $\alpha_1$ 、 $\beta_1$  等值相比小的值。

[0086] 另外，图 5A 和图 5B 示出使用参数计算规定的驱动电流值的特性例。

[0087] 图 4 示出的第一参数  $\alpha$  和第二参数  $\beta$  为如图 5A 或者图 5B 所示那样用于决定与搭载于手持件 3J 的超声波振子 7J（例如朗之万型振子）的尺寸、材质等特性、探针 8J 的材质（的杨氏模量）、长度、粗细等特性相应地变化的驱动频率（或者谐振频率）- 驱动电流（规定的驱动电流值）的特性的参数，表示在不同的驱动频率处探针 8J 的前端振幅也固定的驱动电流。此外，根据图 5A 或者图 5B 可知，第一参数  $\alpha$  是根据对于小的频率变化量  $\Delta f$  的驱动电流变化量  $\Delta I$ 、即  $\alpha = \Delta I / \Delta f$  而计算出的，第二参数  $\beta$  为驱动频率  $f$  为规定值（在图示的例子中 46kHz）的驱动电流值。

[0088] 例如关于搭载于图 1 示出的手持件 3A 的超声波振子 7A，预先调查出其在探针 8A 一体化的状态下的谐振频率与适合于处置的规定的驱动电流值（在图中简称为驱动电流）的关系如图 5A 所示那样发生变化。在图 5A 中，是以下例子：在将驱动频率设为变量的情况下，通过驱动频率越大则将驱动电流设得越小，能够使探针前端振幅固定。

[0089] 与此相对，关于搭载于图 1 示出的种类与手持件 3A 不同的手持件 3B 的超声波振子 7B，以其在探针 8B 一体化的状态下的谐振频率来进行驱动的驱动频率与适合于处置的规定的驱动电流值（驱动电流）的关系如图 5B 所示那样发生变化。在图 5B 中，是以下例子：通过驱动频率越大则将驱动电流设得越大，能够使探针前端振幅固定。

[0090] 预先调查出在图 5A 和图 5B 的情况下，在包含中心频率 47kHz 的其周围范围内的驱动频率  $f$  [kHz] 处，通过以下使用了第一和第二参数  $\alpha$ 、 $\beta$  的一次函数（线形函数）能够

高精度地近似驱动电流  $I(f)$  [A]。

[0091]  $I(f) = \alpha(f-46) + \beta \quad (1)$

[0092] 因此,与驱动频率  $f$  一起预先调查能够使用式(1)计算的第一和第二参数  $\alpha$ 、 $\beta$  的值,本实施方式中的参数存储部 32c 如图 4 所示那样与 ID 对应地存储该值。例如,在 ID 用 0001 表示的手持件的情况下,当将由谐振频率检测电路 29 检测出的谐振频率代入到使用驱动频率  $f_1$  和参数  $\alpha_1$ 、 $\beta_1$  的(1)式时,作为驱动电流值计算出对应的驱动电流  $I(f_1)$ 。

[0093] 在这样利用参数  $\alpha$ 、 $\beta$  的情况下,控制电路 22 也可以具有用于利用 ID 和参数存储部 32c 的参数  $\alpha$ 、 $\beta$  来计算适合于处置的规定的驱动电流值的电流计算部 22b 的功能。更具体地说,电流计算部 22b 具备利用(1)式示出那样的一次函数的电流计算部的功能。另外,电流计算部 22b 具备图 5A 所示那样的特性 ( $\alpha_1 < 0$ ) 和图 5B 所示那样的特性 ( $\alpha_2 > 0$ ) 的电流计算部的功能。此外,电流计算部 22b 也可以构成为包含存储用于计算的参数  $\alpha$ 、 $\beta$  的存储部。

[0094] 不利用图 4 示出的参数  $\alpha$ 、 $\beta$  而利用图 3 示出的 LUT32a 能够更简单地计算适合于处置的驱动电流,但是在利用图 4 示出的参数  $\alpha$ 、 $\beta$  的情况下,具有容易对特性类似的手持件进行统一管理的优点。

[0095] 也就是说,在特性类似的手持件的情况下,第一参数  $\alpha$  和第二参数  $\beta$  的值为类似的值,因此在反复使用手持件的情况下,还容易设定判断是否为能够使用状态等的条件。更具体地进行说明,在特性类似的手持件中,对适当的样品数的手持件,调查反复使用的情况下的特性变化、寿命等,由此能够获取特性类似的手持件整体的特性变化、寿命等的标准。在本实施方式中,例如通过设置于操作部 34 的选择按钮 34c 选择操作,手术师等用户能够对是使用 LUT 存储部 32b 来获取规定的驱动电流值还是通过使用了参数  $\alpha$ 、 $\beta$  的电流计算部 22b 来计算规定的驱动电流值进行选择。

[0096] 此外,在反复使用手持件 3J(或者超声波振子 7J)的情况下,由于经年变化等而超声波振动的特性发生变化,因此期望对是否处于能够维持容易进行处置的规定值的特性状态进行判断。因此,在本实施方式中,在由谐振频率检测电路 29 检测的谐振频率由于经年变化等而其特性发生变化的情况下,也可以预先调查能够维持容易进行处置的特性的谐振频率的变化范围的下限值和上限值,如图 3 所示那样存储根据下限值和上限值决定的允许的频率范围。此外,如图 3 所示在 LUT32a 中还存储了在初始状态下预先测量得到的谐振频率的数据。

[0097] 而且,在将手持件 3J 连接到电源装置 4 来使用时,控制电路 22 根据由谐振频率检测电路 29 检测出的谐振频率是否为上述频率范围以内,来判断是否为适合于使用的手持件。也就是说,如图 2 所示,控制电路 22 也可以构成为具有判断部 22d 的功能,该判断部 22d 判断与电源装置 4 相连接的手持件 3J 是否为适合于使用的手持件。

[0098] 在本实施方式中设为以下结构:在决定规定的驱动电流值的情况下,能够使用 LUT 存储部 32b 和电流计算部 22b 中的一方或者两方,但是也可以构成为仅设置 LUT 存储部 32b 和参数存储部 32c 中的一方,仅使用一方来获取或者计算规定的驱动电流值。

[0099] 另外,在本实施方式中,将连接到电源装置 4 来使用的手持件 3J 的使用历史记录的信息存储到快闪存储器 32。因此,快闪存储器 32 具有存储历史记录信息的历史记录信息存储部 32d 的功能。

[0100] 另外,控制电路 22 也可以构成为具有估计部 22e 的功能,该估计部 22e 利用历史记录信息存储部 32d 所存储的历史记录信息,对反复使用的手持件 3J 估计(或者评价)能够维持容易进行处置的特性的期间。

[0101] 也可以分别使用专用的电流可变设定电路、电流计算电路、电流决定电路、比较电路、估计电路等来构成由上述图 2 示出的控制电路 22 构成的电流可变设定部 22a、电流计算部 22b、判断部 22d、估计部 22e。

[0102] 另外,LUT 存储部 32b、参数存储部 32c、历史记录信息存储部 32d 也可以分别由分开的存储设备、半导体存储器等构成。

[0103] 具有这种结构的本实施方式的超声波手术系统 1 的特征在于,具备:手持件 3J,其具有能够产生超声波振动的超声波振子 7J 和探针 8J,该探针 8J 与上述超声波振子 7J 连结,能够将由上述超声波振子 7J 产生的上述超声波振动传递到处置部 10J;电源装置 4,其连接上述手持件 3J,用于驱动上述超声波振子 7J;作为驱动电流输出部的功率放大器 27,其被设置于上述电源装置 4,生成用于驱动上述超声波振子 7J 的驱动电流,将所生成的驱动电流输出到上述超声波振子 7J;作为驱动频率输出部的谐振频率检测电路 29,其被设置于上述电源装置 4,检测用于以搭载于上述手持件 3J 的上述超声波振子 7J 的谐振频率对其进行驱动的驱动频率,输出检测出的上述驱动频率;以及电流可变设定部 22a,其被设置于上述电源装置 4,根据由上述驱动频率输出部检测出的上述驱动频率对由上述驱动电流输出部生成的驱动电流进行可变设定,以将设置于上述探针 8J 的前端部的上述处置部 10J 处的上述超声波振动的振幅或者振动速度保持为规定值。此外,在将在此规定的超声波振子 7J、处置部 10J、探针 8J、…、电流可变设定部 22a 设为本实施方式的超声波手术系统 1 的必须的结构要素的情况下,关于必须的结构要素以外的结构要素,也可以根据需要进行取舍选择而设置。

[0104] 接着,参照图 6 说明本实施方式的动作。图 6 示出本实施方式的超声波手术系统 1 的基本处理内容。

[0105] 手术师在电源装置 4 上连接进行处置实际使用的手持件(将该手持件设为 3A),接通电源开关 36。

[0106] 于是,在最初步骤 S1 中,控制电路 22 通过是否能够读出手持件 3A 的存储器 14A 所存储的 ID 来进行手持件 3A 是否与电源装置 4 连接的判断(检测)。因此,控制电路 22 进行控制以使读出电路 31 读取 ID,在读出电路 31 从存储器 14A 读出 ID 并将 ID 输出到控制电路 22 的情况下,判断为手持件 3A 连接到电源装置 4。

[0107] 另外,在检测出连接的情况下,换言之在读出电路 31 读出了 ID 的情况下,如步骤 S2 所示,控制电路 22 获取 ID,在存储器 30 等中临时进行存储。

[0108] 在下一个步骤 S3 中,控制电路 22 判断是否进行了用于扫描驱动频率的操作,等待进行该操作。

[0109] 在进行了用于扫描的操作的情况下,在下一个步骤 S4 中,控制电路 22 进行控制使得对扫描信号产生电路 21 发送控制信号,使扫描信号产生电路 21 产生扫描信号  $\theta$  s。在该情况下,控制电路 22 进行切换控制使得开关电路 23 的触点 a 与扫描信号产生电路 21 连接。

[0110] 而且,扫描信号产生电路 21 产生扫描信号  $\theta$  s。换言之,扫描信号产生电路 21 产

生驱动频率发生变化的扫描信号  $\theta_s$ 。

[0111] 另外,如步骤 S5 所示那样,与由扫描信号产生电路 21 产生扫描信号  $\theta_s$  的动作连动地,谐振频率检测电路 29 进行检测(判断)驱动频率是否成为超声波振子 7A 的谐振频率的动作。

[0112] 在下一个步骤 S6 中,控制电路 22 通过监视谐振频率检测电路 29 的检测信号,来判断是否处于驱动频率与谐振频率一致的状态(检测出谐振频率的状态)。在并非处于驱动频率与谐振频率一致的状态的情况下,控制电路 22 进行控制使得继续进行扫描信号产生电路 21 和谐振频率检测电路 29 的动作。也就是说,扫描信号产生电路 21 继续进行步骤 S4 示出的产生驱动频率发生变化的扫描信号  $\theta_s$  的动作。另外,谐振频率检测电路 29 继续进行步骤 S5 示出的谐振频率的检测动作。

[0113] 通过反复进行图 6 中的步骤 S4-S6 的处理,成为由扫描信号产生电路 21 产生的扫描信号  $\theta_s$  达到谐振频率的驱动频率的状态。当扫描信号  $\theta_s$  达到谐振频率的驱动频率时,如步骤 S7 所示,谐振频率检测电路 29 将检测出谐振频率的检测信号输出到控制电路 22,控制电路 22 进行将检测出的谐振频率设为以后驱动超声波振子 7A 的驱动频率的决定,并且将该谐振频率存储到存储器 30。

[0114] 另外,在步骤 S8 中,控制电路 22 使用从读出电路 31 读出并存储到存储器 30 的 ID,获取或者计算适合于处置的规定的驱动电流值。

[0115] 控制电路 22 根据选择按钮 34c 的选择等使用 LUT32a 或者参数  $\alpha$ 、 $\beta$  来获取或者计算规定的驱动电流值。或者使用两者来决定规定的驱动电流值。

[0116] 另外,在步骤 S9 中,控制电路 22 对开关电路 23 的触点进行切换,切换为使谐振频率的电流相位信号  $\theta_i$  输入到相位比较电路 24 的参考侧输入端 R。而且,设为在 PLL 控制环状态下功率放大器 27 输出驱动电流的状态。

[0117] 并且,在步骤 S10 中,控制电路 22 参照由电压电流检测电路 28 检测出的电流检测值控制电流放大率,使得从功率放大器 27 驱动超声波振子 7A 的驱动电流的值成为在步骤 S9 中获取(计算)或者决定的适合于处置的规定的驱动电流值。

[0118] 然后,如步骤 S11 所示,从功率放大器 27 输出到超声波振子 7A 的驱动电流被设定为适合于处置的规定的驱动电流值。在该设定之后,如步骤 S12 所示那样,手术师使用该手持件 3A 进行用于治疗的处置。

[0119] 然后,在结束处置的情况下,手术师例如对设置于操作部 34 的结束按钮 34b 进行操作。如步骤 S13 所示那样,控制电路 22 监视结束操作的输入。当被输入结束操作时,如步骤 S14 所示那样,控制电路 22 例如将历史记录信息与 ID 相关联地存储到快闪存储器 32 中的历史记录信息存储部 32d 中,之后关闭电源装置 4 的电源。作为历史记录信息,为使用 ID 的手持件 3J 的日期和时间的信息、由谐振频率检测电路 29 检测出的谐振频率的信息、来自功率放大器 27 的驱动电流的输出时间的信息等。然后,结束图 6 示出的处理。

[0120] 根据本实施方式,即使在搭载于与电源装置 4 装卸自由地连接的手持件 3J 的超声波振子 7J 在制造工序等中在进行超声波振动的特性上产生偏差的情况下,也由于能够与各超声波振子 7J 对应地设定为适合于预先设定的处置的规定的驱动电流值,因此能够顺利地进行切开、凝固的处置。

[0121] 接着,说明使用了判断部 22d 的情况下的处理内容。在图 7 中,判断部 22d 判断在

图 6 的步骤 S6 中检测出的谐振频率是否在图 3 示出的频率范围内,由此判断与电源装置 4 相连接的手持件 3J 是否为适合于使用状态。

[0122] 在图 6 中的步骤 S6 与 S7 之间,例如追加图 7 示出的步骤 S21-S23 的处理来进行该情况下的动作。

[0123] 在步骤 S6 中检测出谐振频率  $f_r$  的情况下,如步骤 S21 所示那样,控制电路 22 为了判断该谐振频率  $f_r$  是否处于被允许的频率范围  $R_f$  内而将其与频率范围  $R_f$  的下限值和上限值进行比较。然后,根据比较结果,在下一个步骤 S22 中,控制电路 22 判断检测出的谐振频率  $f_r$  是否处于被允许的频率范围  $R_f$  内。

[0124] 在检测出的谐振频率  $f_r$  处于被允许的频率范围  $R_f$  内的判断结果的情况下,过渡到步骤 S7 的处理。图 7 的步骤 S7 以后的处理与图 6 相同。

[0125] 另一方面,在步骤 S22 中判断为检测出的谐振频率  $f_r$  偏离于被允许的频率范围  $R_f$  的情况下,如步骤 S23 所示那样,控制电路 22 进行控制动作以进行表示不适合于使用这种意思的显示。更具体地说,控制电路 22 将表示是不适合于使用的手持件这种意思的消息输出到显示部 33,显示部 33 进行表示由于谐振频率  $f_r$  偏离于被允许的频率范围  $R_f$  而不适合于使用这种意思的显示。并且,也可以显示为请更换手持件 3A 而使用能够更适合于使用的手持件。然后,结束图 7 的处理。手术师通过该显示,为了更适当地进行处置而进行更换手持件 3A 等作业。

[0126] 通过进行这种判断,手术师能够使用能够确保容易进行处置的特性的手持件来顺利地进行切开、凝固的处置。

[0127] 图 8A 示出在反复使用的手持件 3J 与电源装置 4 相连接的情况下参照历史记录信息对容易进行处置的特性的界限的日期和时间进行估计(预测)的处理。关于该处理,例如在图 6 中在步骤 S6 与 S7 的处理之间,参照历史记录信息进行处理。其它为与图 6 相同的处理。

[0128] 如图 8A 所示,在步骤 S6 中检测出当前的谐振频率  $f_r$  之后的步骤 S41 中,控制电路 22 读出与该 ID 对应的手持件 3J 的过去的历史记录信息中的谐振频率的随时间变化的信息。

[0129] 然后,在下一个步骤 S42 中,控制电路 22 进行以下处理:根据过去的历史记录信息和当前的谐振频率  $f_r$  的时间性谐振频率数据,针对不远的将来,以适当的可靠度计算表示谐振频率的时间变化的近似式。

[0130] 例如图 8B 所示那样,在表示到当前的日期和时间  $t_p$  为止的谐振频率  $f_{rp}$  相对于最初使用的日期和时间  $t_0$  以及在该日期和时间  $t_0$  的初始谐振频率  $f_0$  的随时间变化的坐标上进行标记。在图 8B 中例如分别用  $f_{r1}$ 、 $f_{r2}$ 、 $f_{r3}$  表示日期和时间  $t_1$ 、 $t_2$ 、 $t_3$  的谐振频率。控制电路 22 使用图 8B 示出的数据来计算表示谐振频率的随时间变化的一次函数的近似式  $F(t)$ 。

[0131] 在下一个步骤 S43 中,控制电路 22 使用近似式  $F(t)$  对达到不适合于使用的谐振频率的下限值  $f_{th}$  的日期和时间(设为  $t_f$ )进行估计。然后,在下一个步骤 S44 中,控制电路 22 进行在显示部 33 中显示估计出的日期和时间  $t_f$  的处理。在步骤 S44 的处理之后,进入到步骤 S7 的处理。

[0132] 手术师参照估计出的日期和时间  $t_f$ ,考虑在下一次等是否更换使用的手持件比较

好等。这样,通过对能够使用手持件 3J 的大概期间进行评价,手术师能够更有效地使用手持件。

[0133] 图 9 示出第一变形例的超声波手术系统 1B 的结构。该超声波手术系统 1B 具备电源装置 4B, 该电源装置 4B 不具有图 2 的超声波手术系统 1 的电源装置 4 中的参数存储部 32c。另外, 在该超声波手术系统 1B 中, 构成为手持件 3J 具备与电源装置 4 内的参数存储部 32c 对应的参数存储部 51。

[0134] 在上述第一实施方式中, 在电源装置 4 侧设置有存储(装卸自由地连接的)手持件 3J 固有的 ID 以及参数的参数存储部 32c。在本变形例中, 如图 9 所示, 在各手持件 3J 侧的存储器 14J(在图 9 中 J = A) 内分别设置存储参数的参数存储部 51, 该参数用于计算规定的驱动电流值, 该规定的驱动电流值用于使搭载于该手持件 3J 的超声波振子 7J 以适合于处置的规定值的振幅或者振动速度进行超声波振动。其它结构为与第一实施方式相同的结构。

[0135] 此外, 在图 9 中, 更具体地示出电压电流检测电路 28 的结构。从功率放大器 27 的两个输出端输出的驱动信号施加到超声波振子 7J 的两个电极, 从而超声波振子 7J 进行超声波振动。

[0136] 电压电流检测电路 28 由电压检测电路 28a(在图 9 中简称为 V) 和电流检测电路 28b(在图 9 中简称为 I) 构成, 该电压检测电路 28a 对从功率放大器 27 的两个输出端输出的驱动信号的电压进行检测, 该电流检测电路 28b 对流过超声波振子 7J 的电流(驱动电流)进行检测。电压检测电路 28a 将检测出的电压的信号作为电压相位信号  $\theta_v$  而输出, 电流检测电路 28b 将检测出的电流的信号作为电流相位信号  $\theta_i$  而输出。另外, 使用二极管等通过检波电路 28c 对电压相位信号  $\theta_v$  和电流相位信号  $\theta_i$  分别进行检波, 检波得到的电压、电流的有效值或者峰值作为电压值, 电流值而被输出到控制电路 22。

[0137] 图 10 示出参数存储部 51 所存储的参数的一例。在本变形例中, 读出电路 31 从存储器 14J 读出 ID 以及参数  $\alpha$ 、 $\beta$ , 发送到控制电路 22。控制电路 22 将 ID 和参数  $\alpha$ 、 $\beta$  存储到存储器 30 等。在该状态下, 成为基本与第一实施方式大致相同的结构, 因而其动作、效果也与第一实施方式相同。此外, 在本变形例的情况下, 也可以将在快闪存储器 32 内存储的历史记录信息存储到存储器 14J。

[0138] 在该情况下, 读出电路 31 变更为还对存储器 14J 进行写入的读出 / 写入电路。

[0139] 在图 2 或者图 9 的结构中, 说明了在各手持件 3J 侧和电源装置 4 侧两方存储用于决定或者计算规定的驱动电流值的信息的情况。

[0140] 与此相对, 如图 11 所示, 在各手持件 3J 的存储器 14J 中也可以分别设置电流值存储部 52, 该电流值存储部 52 存储用于使搭载于该手持件 3J 的超声波振子 7J 以适合于处置的规定值的振幅或者振动速度进行超声波振动的规定的驱动电流值。而且, 控制电路 22 也可以经由读出电路 31 从电流值存储部 52 获取规定的驱动电流值, 控制电路 22 的电流可变设定部 22a 进行控制使得由功率放大器 27 输出的驱动电流成为规定的驱动电流值。此外, 如图 11 所示那样, 也可以在存储器 14J 内还存储初始的谐振频率。

[0141] 这样在各手持件 3J 中存储有规定的驱动电流值的情况下, 图 9 的电源装置 4B 还能够采用不具有 LUT 存储部 32b 的结构的电源装置。也就是说, 如图 12 所示那样, 构成为在快闪存储器 32 中仅设置用于存储历史记录信息的历史记录信息存储部 32d 即可。另外,

也可以构成为不存储历史记录信息。

[0142] 在上述实施方式或者变形例中,说明了在电源装置 4、4B 等能够选择性地连接多个手持件 3J 中的一个的结构。与此相对,在一个电源装置(设为 4D)仅连接一个手持件(设为 3K)的结构的超声波手术系统的情况下,电源装置 4D 不需要识别手持件,构成为对一个手持件 3K 情况下的超声波振子(设为 7K)存储或者计算使其以适合于处置的规定值的振幅或者振动速度进行超声波振动的规定的驱动电流值即可。

[0143] 此外,对上述实施方式等局部地进行组合等而构成的实施方式也属于本发明。例如,当由谐振频率检测电路检测的谐振频率发生变化时,用于以适合于处置的规定值的振幅或者振动速度进行超声波振动的规定的驱动电流值发生变化,对于该情况,也可以在相对于标准的驱动电流值(例如 0.53A)变化例如 15% 左右以上的情况下通知更换手持件。另外,设置于手持件 3J 的超声波振子 7J 并不限定于由用螺栓紧固的朗之万型振子构成的超声波振子。本申请是以 2012 年 8 月 31 日在美国临时申请的 61/695885 号为优先权基础的申请,上述公开内容被引用到本申请的说明书、权利要求书、附图。

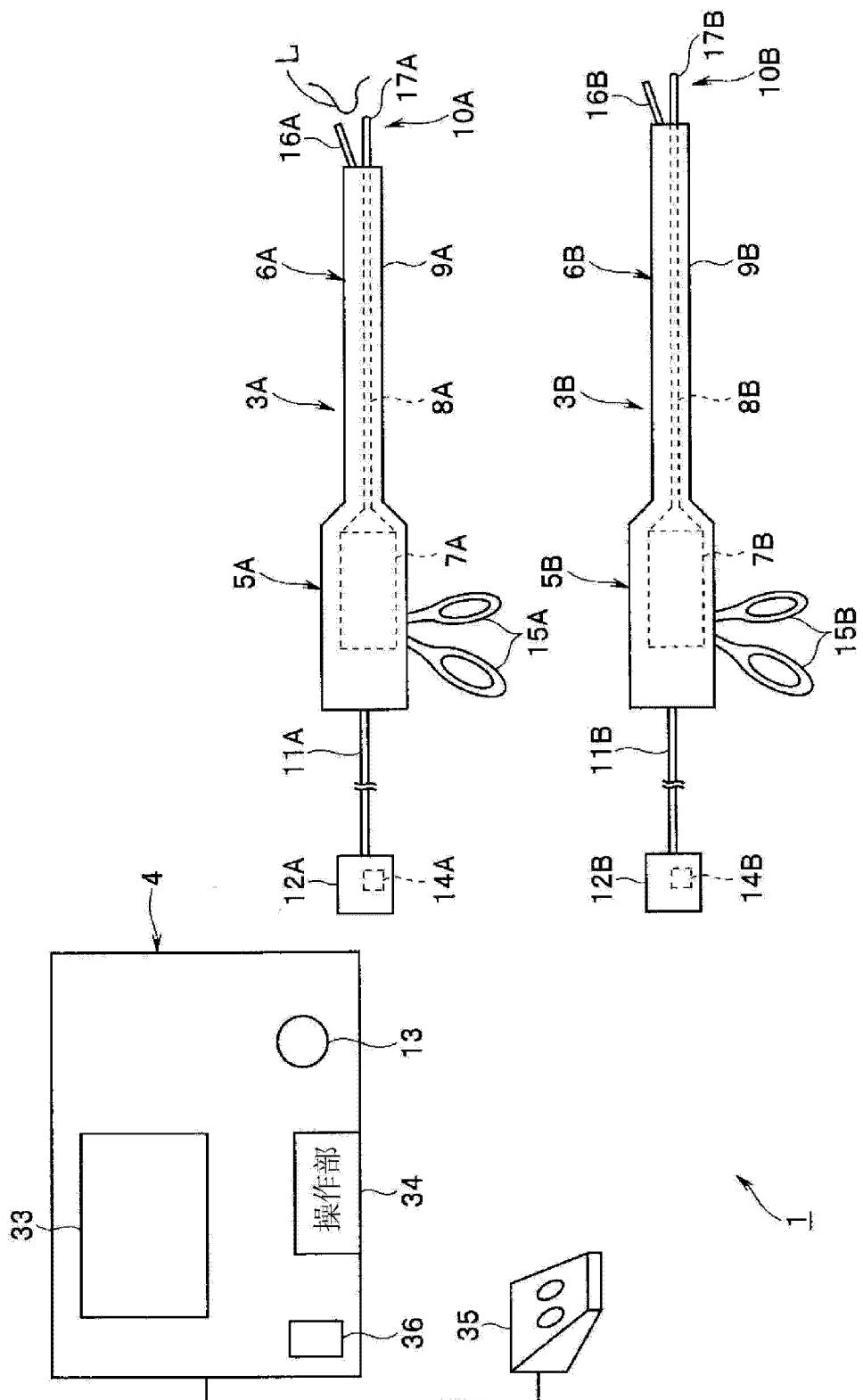


图 1

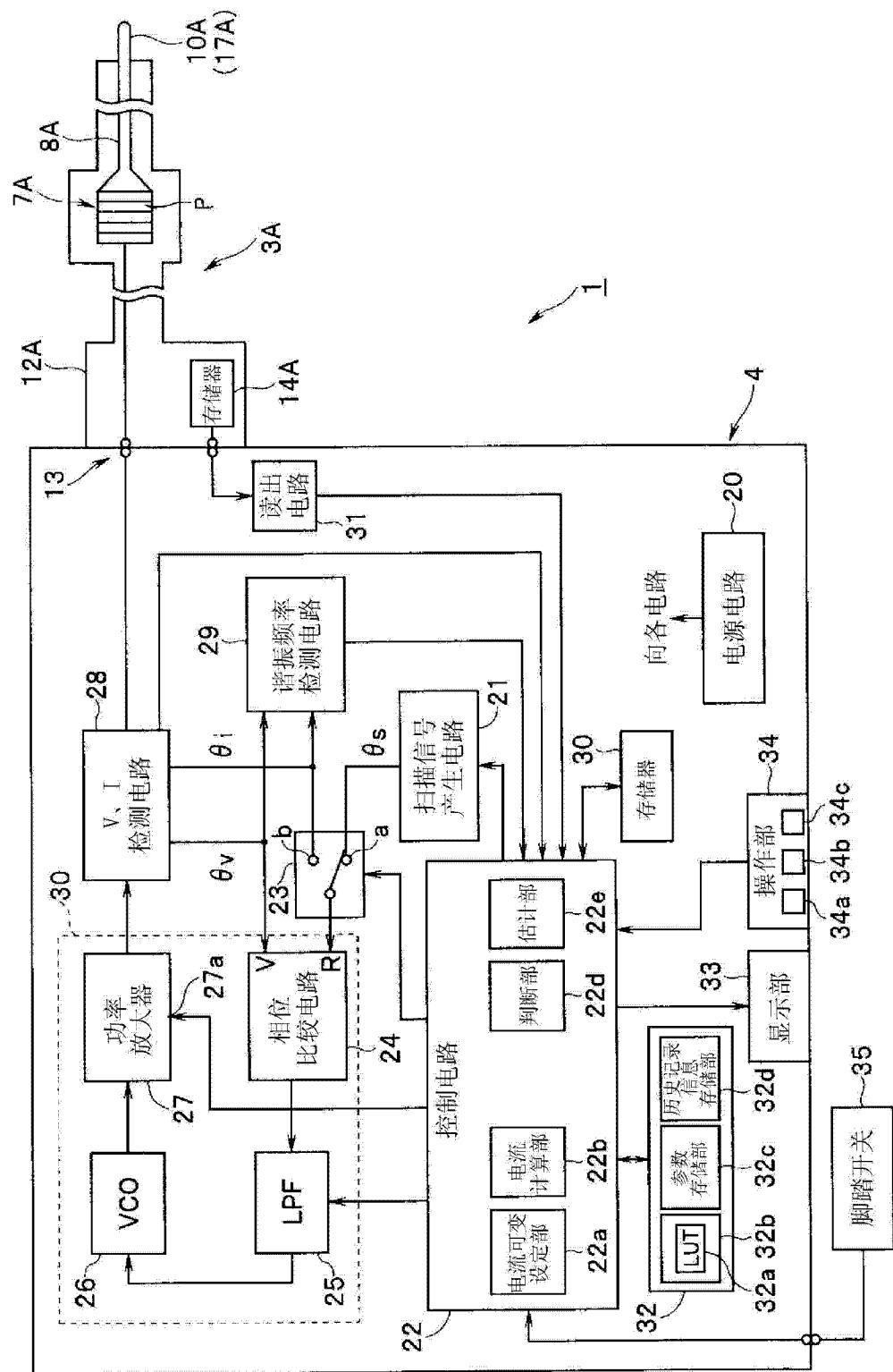


图 2

ID	驱动电流值[A]	下限值[kHz]	上限值[kHz]	频率范围[kHz]	初始的谐振频率[kHz]
0001	0.53	46.7	47.3	46.7–47.3	47.0
0002	0.54	46.9	47.5	46.9–47.5	47.2
0003	0.535	46.8	47.4	46.8–47.4	47.1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

图 3

ID	第一参数( $\alpha$ )	第二参数( $\beta$ )
0001	$\alpha 1$	$\beta 1$
0002	$\alpha 1$	$\beta 1 - \Delta$
0003	$\alpha 1$	$\beta 1 + \Delta$
0004	$\alpha 1 - \Delta$	$\beta 1$
⋮	⋮	⋮
0011	$\alpha 2$	$\beta 2$
0012	$\alpha 2$	$\beta 2 - \Delta$
0013	$\alpha 2$	$\beta 2 + \Delta$
0014	$\alpha 2 + \Delta$	$\beta 2$
⋮	⋮	⋮

图 4

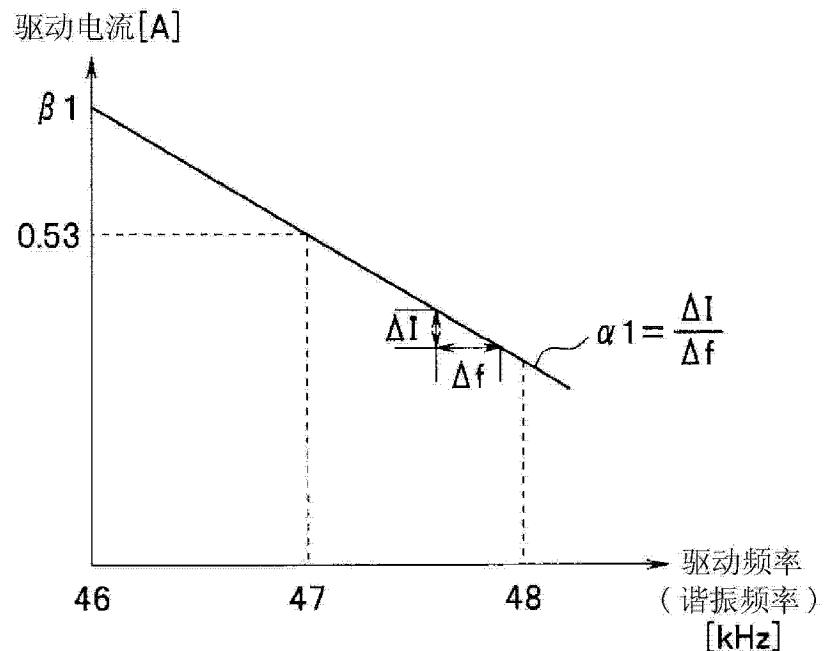


图 5A

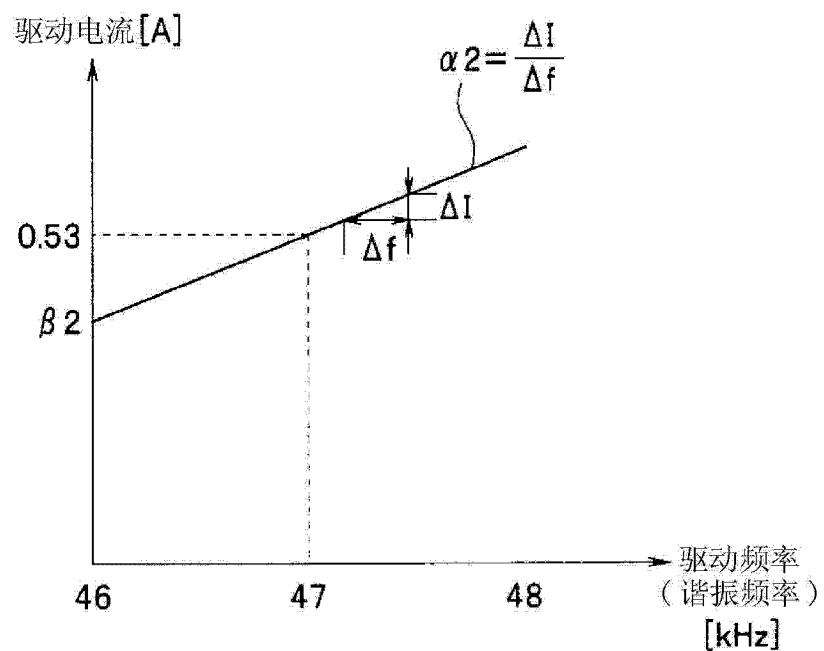


图 5B

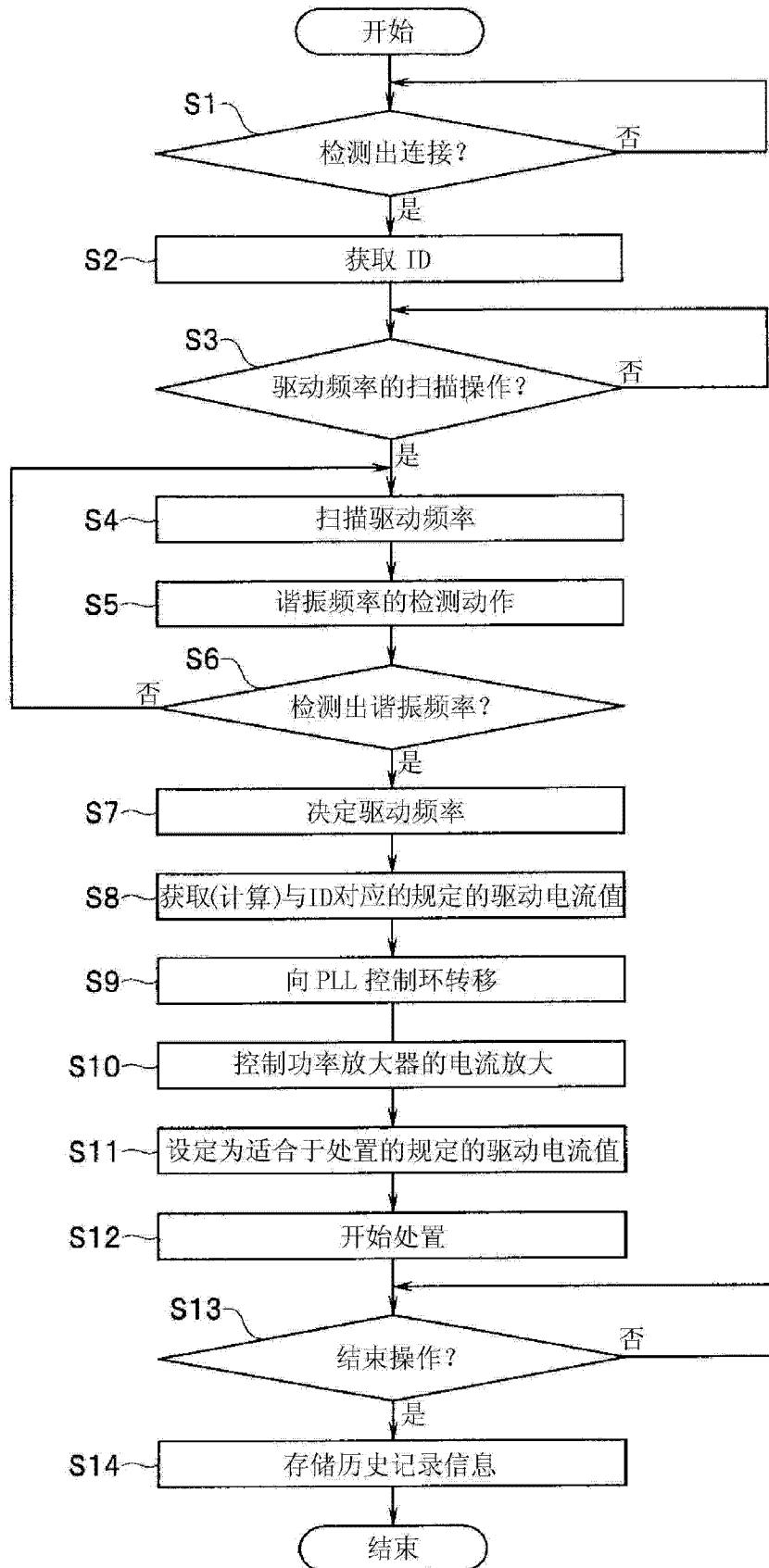


图 6

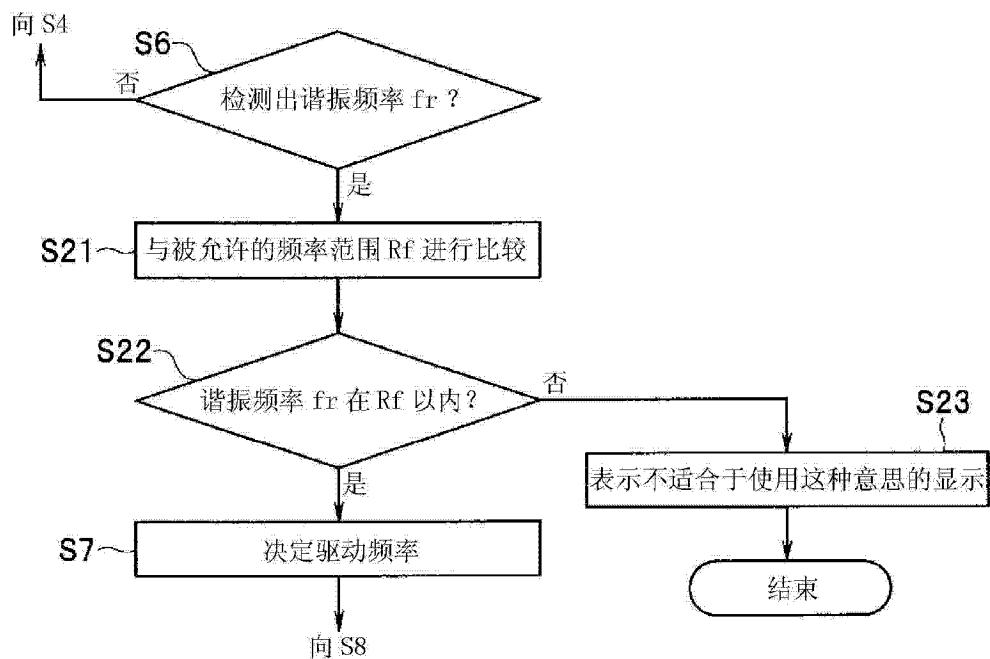


图 7

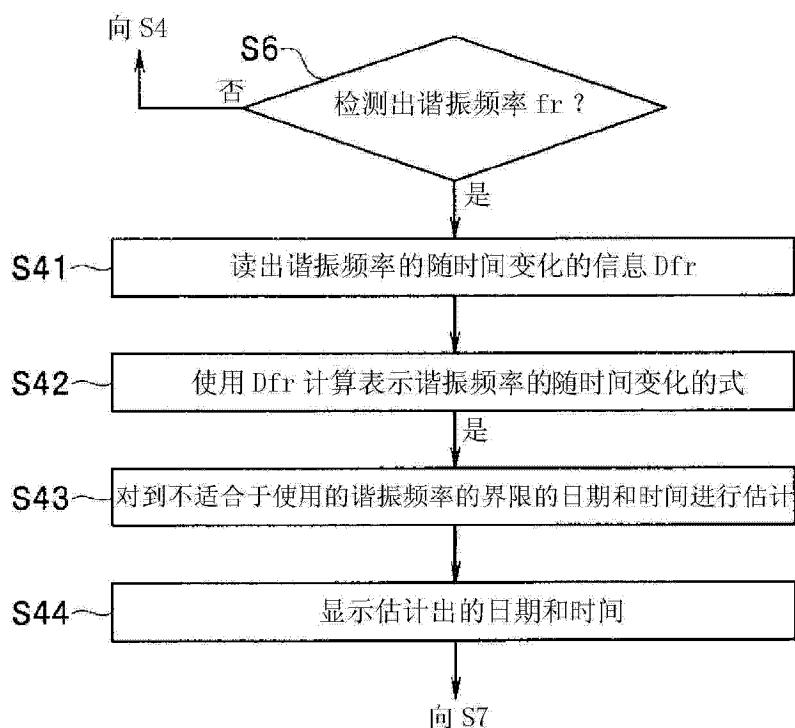


图 8A

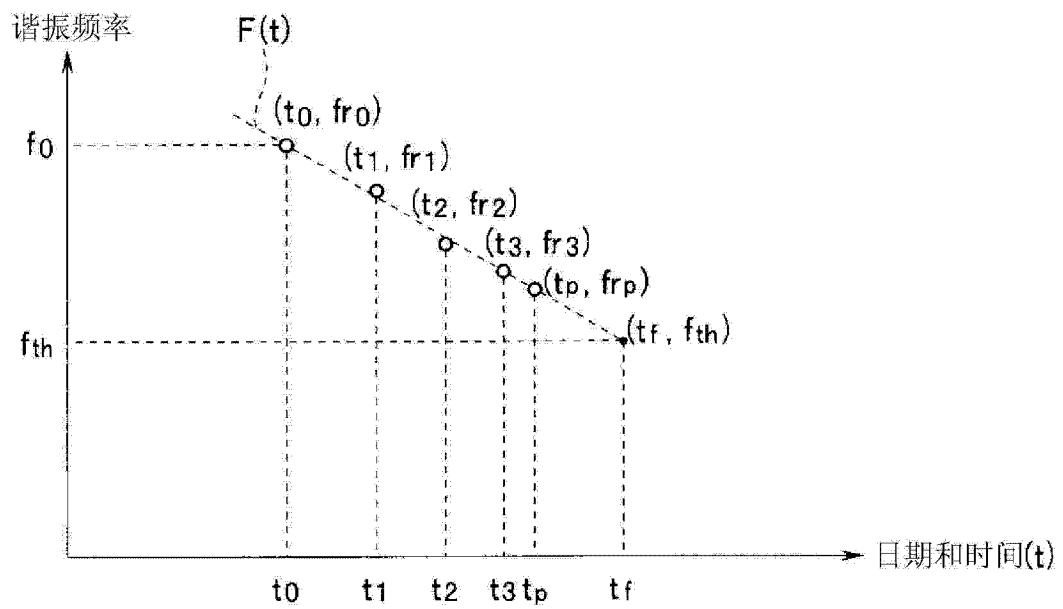


图 8B

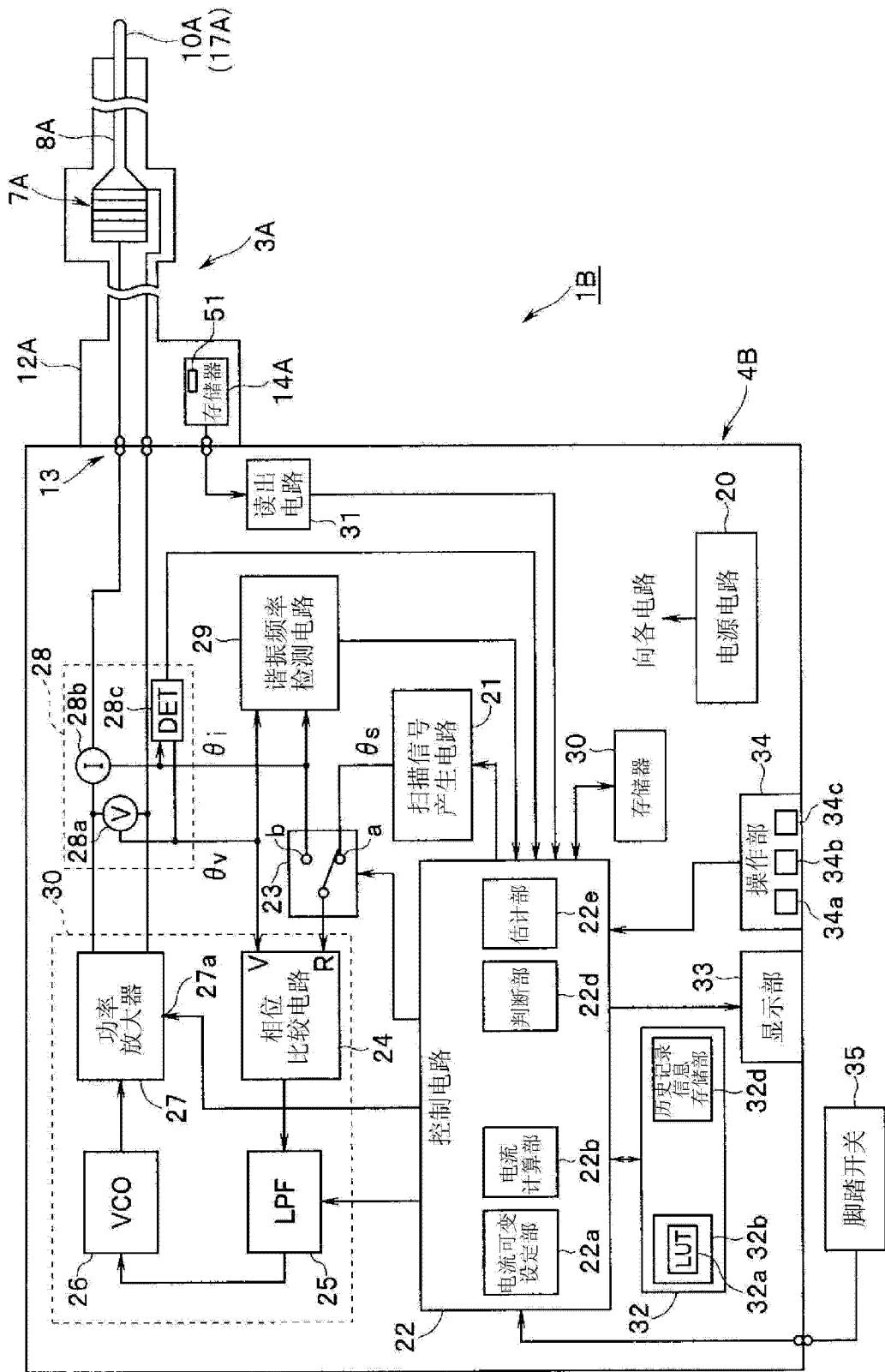


图 9

51

ID	第一参数	第二参数
0001	$\alpha 1$	$\beta 1$

图 10

52

ID	驱动电流值 [A]	初始的谐振频率 [kHz]
0001	0.53	47.0

图 11

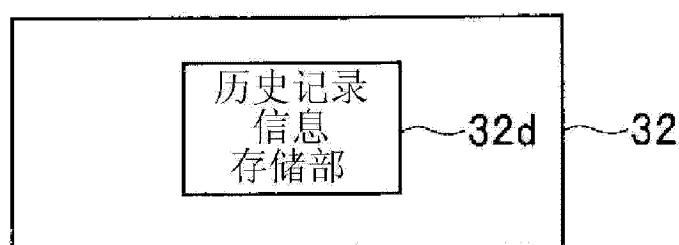


图 12