



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104055535 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201410100423. 0

(22) 申请日 2014. 03. 18

(30) 优先权数据

2013-055837 2013. 03. 19 JP

(71) 申请人 柯尼卡美能达株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 谷口哲哉

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 金光华

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006. 01)

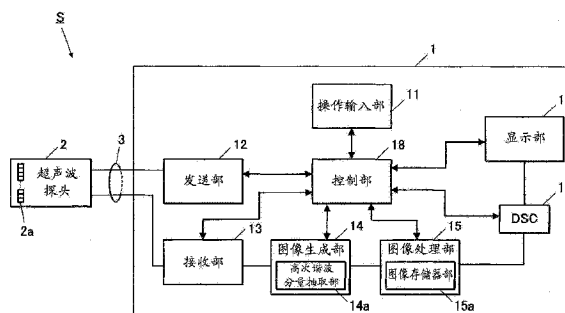
权利要求书1页 说明书15页 附图32页

(54) 发明名称

超声波图像诊断装置

(57) 摘要

本发明提供一种超声波图像诊断装置,具备:超声波探头,通过脉冲信号的输入而向被检体输出发送超声波,并且通过接收来自被检体的反射超声波而输出接收信号;以及发送部,通过输出驱动波形为矩形波的脉冲信号而使所述超声波探头生成所述发送超声波,其中,所述发送部在同一扫描线上隔着时间间隔而多次输出驱动波形分别非对称的脉冲信号,所述超声波图像诊断装置具备图像处理部,该图像处理部合成从根据所述多次的脉冲信号而生成的所述发送超声波的所述反射超声波得到的各接收信号,并根据合成了的脉冲信号而生成超声波图像数据。



1. 一种超声波图像诊断装置,具备:

超声波探头,通过脉冲信号的输入而向被检体输出发送超声波,并且通过接收来自被检体的反射超声波而输出接收信号;以及

发送部,通过输出驱动波形为矩形波的脉冲信号而使所述超声波探头生成所述发送超声波,

所述超声波图像诊断装置的特征在于,

所述发送部在同一扫描线上隔着时间间隔而多次输出驱动波形分别非对称的脉冲信号,

所述超声波图像诊断装置具备图像处理部,该图像处理部合成从根据所述多次的脉冲信号而生成的所述发送超声波的所述反射超声波得到的各接收信号,并根据合成了的脉冲信号而生成超声波图像数据。

2. 根据权利要求1所述的超声波图像诊断装置,其特征在于,

所述发送部输出第1脉冲信号以及使该第1脉冲信号的多个工作状态中的至少一个不同而进行了时间反转或者极性反转得到的第2脉冲信号。

3. 根据权利要求1所述的超声波图像诊断装置,其特征在于,

所述发送部使多个所述脉冲信号的输出时间不同。

4. 根据权利要求1所述的超声波图像诊断装置,其特征在于,

所述发送部输出第1脉冲信号以及通过使该第1脉冲信号的多个工作状态中的最初的工作状态加长规定时间而进行时间反转或者极性反转从而使输出时间与所述第1脉冲信号不同的第2脉冲信号。

5. 根据权利要求1所述的超声波图像诊断装置,其特征在于,

所述发送部输出在所述超声波探头的-20dB下的发送接收带宽内多个所述脉冲信号的频率分量的相关系数为0.85以上且小于1这样的多个所述脉冲信号。

6. 根据权利要求1所述的超声波图像诊断装置,其特征在于,

在所述超声波探头中,-20dB的分数带宽为110%以上。

7. 根据权利要求1所述的超声波图像诊断装置,其特征在于,

所述脉冲信号是5个值以下的矩形波。

超声波图像诊断装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声波图像诊断装置。

背景技术

[0002] 超声波诊断通过只是将超声波探头贴在身体表面的简单操作来实时显示心脏的跳动、胎儿的活动的样子,并且安全性高,因此能够重复地进行检查。

[0003] 在显示这种超声波图像的技术中,已知有如下技术:通过将发送信号的相对于基波分量(频率 f_0)的高次谐波分量(例如,频率 $2f_0$ 、 $3f_0$ 等)进行图像化来获得对比度好的图像。这种摄像方法被称为组织谐波成像(Tissue Harmonic Imaging)。

[0004] 上述高次谐波分量主要是由于超声波在被检体内传播时所产生的非线性失真而产生。即,照射到生物体内的超声波由于组织的非线性响应而在组织传播过程中信号失真,高次谐波分量增大。其结果,在其接收信号中例如包含基波 f_0 的 2 倍的频率 $2f_0$ 、3 倍的频率 $3f_0$ 的分量。

[0005] 作为组织谐波成像中的抽取高次谐波分量的方法,已知有被称为脉冲反向法(Pulse inversion method)的方法。该方法通过隔着时间间隔来发送使极性或者时间反转了的第 1 以及第 2 发送脉冲信号,并合成各个接收信号来抵消基波分量,从而增强 2 次高次谐波分量,例如公开于日本特开 2000-300554 号公报、日本特开 2002-301068 号公报以及日本特开 2003-310609 号公报。

发明内容

[0006] 在脉冲反向法中,为了获得高画质的超声波图像,需要充分地进行基波分量的削弱,为此要求高度的正负驱动对称性。然而,在上述日本特开 2000-300554 号公报、日本特开 2002-301068 号公报以及日本特开 2003-310609 号公报所记载的技术中,为了输出满足高度的正负驱动对称性的脉冲信号,需要具备高精度且昂贵的发送驱动装置,在抑制了成本的小型且低价的超声波图像诊断装置中无法采用这种昂贵的发送驱动装置,不得以只好在分辨率、穿透率(Penetration)等画质方面进行妥协。

[0007] 本发明是鉴于上述情形而完成的,其目的在于提供一种即使不具备具有高度的正负驱动对称性的发送驱动装置也能够维持分辨率并且提高穿透率的超声波图像诊断装置。

[0008] 为了实现上述目的中的至少一个,反映了本发明的一个侧面的超声波图像诊断装置具备:

[0009] 超声波探头,通过脉冲信号的输入而向被检体输出发送超声波,并且通过接收来自被检体的反射超声波而输出接收信号;以及

[0010] 发送部,通过输出驱动波形为矩形波的脉冲信号而使所述超声波探头生成所述发送超声波,其中,

[0011] 所述发送部在同一扫描线上隔着时间间隔而多次输出驱动波形分别非对称的脉冲信号,

[0012] 所述超声波图像诊断装置具备图像处理部,该图像处理部合成从根据所述多次的脉冲信号而生成的所述发送超声波的所述反射超声波得到的各接收信号,并根据合成了的脉冲信号而生成超声波图像数据。

[0013] 另外,在上述的超声波图像诊断装置中,优选为所述发送部输出第 1 脉冲信号以及使该第 1 脉冲信号的多个工作状态中的至少一个不同而进行了时间反转或者极性反转得到的第 2 脉冲信号。

[0014] 另外,在上述的超声波图像诊断装置中,优选为所述发送部使多个所述脉冲信号的输出时间不同。

[0015] 另外,在上述的超声波图像诊断装置中,优选为所述发送部输出第 1 脉冲信号以及通过使该第 1 脉冲信号的多个工作状态中的最初的工作状态加长规定时间而进行时间反转或者极性反转从而使输出时间与所述第 1 脉冲信号不同的第 2 脉冲信号。

[0016] 另外,在上述的超声波图像诊断装置中,优选为所述发送部输出在所述超声波探头的 -20dB 下的发送接收带宽内多个所述脉冲信号的频率分量的相关系数为 0.85 以上且小于 1 这样的多个所述脉冲信号。

[0017] 另外,在上述的超声波图像诊断装置中,优选为在所述超声波探头中, -20dB 的分数带宽为 110% 以上。

[0018] 另外,在上述的超声波图像诊断装置中,优选为所述脉冲信号是 5 个值以下的矩形波。

附图说明

[0019] 本发明通过以下所示的详细说明和附图会被更完全地理解。但是,它们并非限定本发明。在此如下。

[0020] 图 1 是表示超声波图像诊断装置的外观结构的图。

[0021] 图 2 是表示超声波图像诊断装置的概要结构的框图。

[0022] 图 3 是表示发送部的概要结构的框图。

[0023] 图 4 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0024] 图 5 是对超声波探头的发送带宽进行说明的图。

[0025] 图 6 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0026] 图 7 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0027] 图 8 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0028] 图 9 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0029] 图 10 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0030] 图 11 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0031] 图 12 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0032] 图 13 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0033] 图 14 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0034] 图 15 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0035] 图 16 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

[0036] 图 17 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。

- [0037] 图 18 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0038] 图 19 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0039] 图 20 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0040] 图 21 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0041] 图 22 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0042] 图 23A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0043] 图 23B 是对图 23A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0044] 图 24A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0045] 图 24B 是对图 24A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0046] 图 25A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0047] 图 25B 是对图 25A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0048] 图 26A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0049] 图 26B 是对图 26A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0050] 图 27A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0051] 图 27B 是对图 27A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0052] 图 28A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0053] 图 28B 是对图 28A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0054] 图 29A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0055] 图 29B 是对图 29A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0056] 图 30A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0057] 图 30B 是对图 30A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0058] 图 31A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0059] 图 31B 是对图 31A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0060] 图 32A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0061] 图 32B 是对图 32A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。
- [0062] 图 33A 是对脉冲信号的驱动波形进行说明的图。
- [0063] 图 33B 是对图 33A 所示的驱动波形的频率分析结果进行说明的图。

具体实施方式

[0064] 下面参照附图说明本发明的实施方式的超声波图像诊断装置。但是,发明的范围不限于图示例。此外,在下面的说明中,对具有相同功能以及结构的部分附加相同的符号,并省略其说明。

[0065] 如图 1 和图 2 所示,本实施方式的超声波图像诊断装置 S 具备超声波图像诊断装置主体 1 和超声波探头 2。超声波探头 2 对未图示的生物体等被检体发送超声波(发送超声波),并且接收由该被检体反射的超声波的反射波(反射超声波:回波(echo))。超声波图像诊断装置主体 1 经由缆线 3 而与超声波探头 2 连接,通过向超声波探头 2 发送电信号的驱动信号而使超声波探头 2 向被检体发送发送超声波,并且基于根据由超声波探头 2 接收到的来自被检体内的反射超声波而由超声波探头 2 生成的电信号的接收信号,将被检体内的内部状态图像化为超声波图像。

[0066] 超声波探头 2 具备由压电元件构成的振子 2a,例如在方位方向上一维阵列状地排列有多个该振子 2a。在本实施方式中,例如使用具备 192 个振子 2a 的超声波探头 2。此外,振子 2a 也可以二维阵列状地排列。另外,振子 2a 的个数能够任意地设定。另外,在本实施方式中,对超声波探头 2 采用了线性扫描方式的电子扫描探测器,但是可以采用电子扫描方式或者机械扫描方式中的任意方式,另外还能够采用线性扫描方式、扇形扫描方式或者凸面扫描(Convex scanning)方式中的任意方式。另外,在本实施方式中,为了获得高分辨率的发送超声波,应用能够以良好的灵敏度进行宽频下的超声波的发送的超声波探头时效果好,能够获得更优质的超声波图像。超声波探头中的带宽宽度可以任意地设定,但是优选 -20dB 的分数带宽(fractional bandwidth)为 110% 以上。

[0067] 例如如图 2 所示,超声波图像诊断装置主体 1 具备操作输入部 11、发送部 12、接收部 13、图像生成部 14、图像处理部 15、DSC (Digital Scan Converter :数字扫描转换器) 16、显示部 17、以及控制部 18 而构成。

[0068] 操作输入部 11 例如具备用于进行指示诊断开始的命令、被检体的个人信息等数据的输入等的各种开关、按钮、跟踪球(track ball)、鼠标、键盘等,将操作信号输出到控制部 18。

[0069] 发送部 12 是如下电路:按照控制部 18 的控制,经由缆线 3 向超声波探头 2 供给作为电信号的驱动信号,使超声波探头 2 产生发送超声波。更具体地说,如图 3 所示,发送部 12 例如具备时钟产生电路 121、脉冲产生电路 122、工作状态设定部 123 以及延迟电路 124。

[0070] 时钟产生电路 121 是产生对驱动信号的发送定时、发送频率进行决定的时钟信号的电路。

[0071] 脉冲产生电路 122 是用于以规定的周期产生作为驱动信号的脉冲信号的电路。例如如图 4 所示,脉冲产生电路 122 通过切换并输出 5 个值(+HV/+MV/0/-MV/-HV)的电压,能够产生矩形波的脉冲信号。此时,关于脉冲信号的振幅,设为在正极性以及负极性下相同,但是不限于此。在本实施方式中,设为切换 5 个值的电压来输出脉冲信号,但是不限于 5 个值而能够设定为适当的值,但优选为 5 个值以下。由此,能够以低成本提高频率分量的控制的自由度,能够获得更高分辨率的发送超声波。

[0072] 工作状态设定部 123 设定从脉冲产生电路 122 输出的脉冲信号的工作状态。即,脉冲产生电路 122 输出与由工作状态设定部 123 所设定的工作状态相应的脉冲波形的脉冲信号。工作状态例如能够通过操作输入部 11 的输入操作来改变。

[0073] 延迟电路 124 是如下电路:用于针对驱动信号的发送定时,对与每个振子对应的每个单独路径设定延迟时间,使驱动信号的发送延迟所设定的延迟时间而进行由发送超声波构成的发送波束的汇聚。

[0074] 如以上那样构成的发送部 12 按照控制部 18 的控制,对于供给驱动信号的多个振子 2a,在每次发送接收超声波时一边错开规定数一边依次进行切换,向选择了输出的多个振子 2a 供给驱动信号,由此进行扫描。

[0075] 在本实施方式中,为了抽取后述的高次谐波分量,而能够实施脉冲反向法。即,发送部 12 在实施脉冲反向法的情况下,能够在同一扫描线上隔着时间间隔而发送第 1 脉冲信号以及与该第 1 脉冲信号相比进行了时间反转的第 2 脉冲信号。此时,在本实施方式中,发送使第 1 脉冲信号的多个工作状态中的至少一个不同而进行了时间反转的、波形与第 1 脉

冲信号非对称的第 2 脉冲信号。这里,波形非对称是指既不是线对称也不是点对称。即,是指不管是进行时间反转还是极性反转,形状都不一致(不对称)。另外,第 2 脉冲信号也可以是与第 1 脉冲信号相比进行了极性反转的脉冲信号。另外,实施脉冲反向法时所输出的脉冲信号的输出次数不限于两次,也可以是三次以上。

[0076] 接收部 13 是如下电路:按照控制部 18 的控制,从超声波探头 2 经由缆线 3 而接收电信号的接收信号。接收部 13 例如具备放大器、A/D 变换电路、调相加法电路。放大器是如下电路:用于针对与每个振子 2a 对应的每个单独路径,以预先设定的规定的放大率来放大接收信号。A/D 变换电路是用于对被放大的接收信号进行模拟-数字变换(A/D 变换)的电路。调相加法电路是如下电路:用于对于进行了 A/D 变换的接收信号,针对与每个振子 2a 对应的每个单独路径提供延迟时间来调整时相,并将它们进行相加(调相相加)而生成声线数据。

[0077] 图像生成部 14 对来自接收部 13 的声线数据实施包络线检波处理、对数放大等,进行增益的调整等来进行亮度变换,由此生成 B 模式图像数据。即,B 模式图像数据是通过亮度来表示接收信号的强度的数据。由图像生成部 14 所生成的 B 模式图像数据被发送到图像处理部 15。另外,图像生成部 14 具备高次谐波分量抽取部 14a。

[0078] 高次谐波分量抽取部 14a 根据从接收部 13 输出的接收信号,实施脉冲反向法来抽取高次谐波分量。在本实施方式中,能够通过高次谐波分量抽取部 14a 来抽取以 2 次高次谐波为主体的信号分量。在将从分别与从上述第 1 脉冲信号以及第 2 脉冲信号分别产生的两个发送超声波对应的反射超声波得到的接收信号进行相加(合成)而除去了包含在接收信号中的基波分量之后进行滤波处理,从而抽取 2 次高次谐波分量。但是,在抑制了成本的小型且低价的所谓低端的超声波图像诊断装置中,即使在合成了第 1 脉冲信号以及第 2 脉冲信号的情况下也不能完全地除去基波分量,而产生所谓的加法残余。在本实施方式中,如上述那样合成第 1 脉冲信号、和与该第 1 脉冲信号非对称的第 2 脉冲信号,从而积极地控制加法残余分量并利用它,使得在低端的超声波图像诊断装置中也能够一边维持分辨率一边实现穿透深度(穿透率)的提高。

[0079] 图像处理部 15 具备由 DRAM (Dynamic Random Access Memory:动态随机存取存储器)等半导体存储器构成的图像存储器部 15a。图像处理部 15 将从图像生成部 14 输出的 B 模式图像数据以帧为单位而存储到图像存储器部 15a。有时将帧单位下的图像数据称为超声波图像数据或者帧图像数据。图像处理部 15 适当读出存储在图像存储器部 15a 中的超声波图像数据而输出到 DSC16。

[0080] DSC16 将从图像处理部 15 接收到的超声波图像数据变换为基于电视信号的扫描方式的图像信号并输出到显示部 17。

[0081] 显示部 17 能够应用 LCD (Liquid Crystal Display:液晶显示器)、CRT (Cathode-Ray Tube:阴极射线管)显示器、有机 EL (Electronic Luminescence:电致发光)显示器、无机 EL 显示器以及等离子体显示器等显示装置。显示部 17 按照从 DSC16 输出的图像信号而在显示画面上进行超声波图像的显示。

[0082] 控制部 18 例如具备 CPU (Central Processing Unit:中央处理单元)、ROM (Read Only Memory:只读存储器)、RAM (Random Access Memory:随机存取存储器)而构成,读出存储在 ROM 中的系统程序等各种处理程序并在 RAM 中展开,按照所展开的程序来集中控制

超声波图像诊断装置 S 的各部分的动作。

[0083] ROM 由半导体等非易失性存储器等构成,存储与超声波图像诊断装置 S 对应的系统程序以及能够在该系统程序上执行的各种处理程序、各种数据等。这些程序以计算机可读取的程序代码的形式被保存,CPU 依次执行按照该程序代码的动作。

[0084] RAM 形成临时地存储由 CPU 执行的各种程序以及与这些程序有关的数据的工作区。

[0085] [实施例]

[0086] 下面,通过实施例来更详细地说明本发明,但是本发明当然不被这些实施例所限定。

[0087] 此外,在下面的实施例中,作为上述的发送部 12 而使用如下部件:作为第 1 脉冲信号而发送图 6 所示的波形 No. 1 的驱动信号,作为第 2 脉冲信号而发送与第 1 脉冲信号极性反转且对称的图 20 所示的波形 No. 15 的驱动信号,在连接了超声波探头时实际上通过示波器来测量由超声波探头的前端部所观察的实际驱动电压,将它们相加了的结果,最大电压振幅成为 6.2Vpp。另外,发送部 12 能够切换 +44V (+HV)、+22V (+MV)、0V、-22V (-MV)、-44V (-HV) 这 5 个值的电压来输出驱动信号。

[0088] 本实施例所示的驱动波形都是作为控制信号的驱动信号,因此在比较例 1、2 中波形形状成为对称,但是在本实施例中如上述那样使用对称性不充分的廉价的发送部,因此在将由超声波探头的前端部所观察的实际驱动电压波形分别进行相加时,在比较例 1、2 的情况下实际上也产生加法残余。

[0089] (实施例 1)

[0090] 首先,作为上述的超声波探头 2 而使用发送 -20dB 下的下限频率(FL20) 为 3.8MHz、上限频率(FH20) 为 18.6MHz、中心频率(FC20) 为 11.2MHz、发送接收 -20dB 的分数带宽为 132% 的超声波探头,将它设为超声波探头 A。在图 5 中用 A 表示该超声波探头 A 的发送带宽形状。此外,在图 5 中,横轴表示频率,纵轴表示灵敏度。

[0091] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为如图 8 所示那样的波形 No. 3 的驱动信号。波形 No. 3 的驱动信号在 0 纳秒(nsec)时电压上升,在 7 纳秒时达到 +MV 并维持到 19 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 19 纳秒时电压下降,在 25 纳秒时达到 -HV 并维持到 57 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 57 纳秒时电压上升,在 63 纳秒时达到 0V 并维持到 82 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 82 纳秒时电压上升,在 88 纳秒时达到 +HV 并维持到 125 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 125 纳秒时电压下降,在 132 纳秒时达到 -HV 并维持到 157 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 157 纳秒时电压上升,在 163 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 3 的驱动信号的驱动持续时间(输出时间)成为 163 纳秒。

[0092] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 14 所示那样的波形 No. 9 的驱动信号。波形 No. 9 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -HV 并维持到 32 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 32 纳秒时电压上升,在 38 纳秒时达到 +HV 并维持到 75 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 75 纳秒时电压下降,在 82 纳秒时达到 0V 并维持到 100 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 100 纳秒时电压下降,在 107 纳秒时达到 -HV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压上升,在 144 纳秒时达到 +MV 并维持到 163 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 163 纳秒时电压下降,在 169 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 9

的驱动信号的驱动持续时间成为 169 纳秒,驱动持续时间比波形 No. 3 的驱动信号长 6 纳秒。另外,如图 23A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 9 的驱动信号的波形与波形 No. 3 的驱动信号的波形成为时间对称(此外,在下面的实施例的说明中,在第 1 脉冲信号的各工作状态和与它们分别对应的第 2 脉冲信号的工作状态中允许 1 纳秒左右的差异,而在本实施方式中,是在误差的范围中允许当作大致相同的长度。即,在不超出本发明的精神的范围内也可以允许这种误差。),但与波形 No. 3 的第 1 工作状态的长度相比,与该波形 No. 3 的第 1 工作状态对应的波形 No. 9 的第 5 工作状态的长度长 7 纳秒。在图 23B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 23A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 23B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内(3.8MHz-18.6MHz)的相关系数进行求解时,是 0.992。

[0093] (实施例 2)

[0094] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0095] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为与实施例 1 相同的波形 No. 3 的驱动信号。

[0096] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 9 所示那样的波形 No. 4 的驱动信号。波形 No. 4 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -HV 并维持到 32 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 32 纳秒时电压上升,在 38 纳秒时达到 +HV 并维持到 75 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 75 纳秒时电压下降,在 82 纳秒时达到 0V 并维持到 100 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 100 纳秒时电压下降,在 107 纳秒时达到 -HV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压上升,在 144 纳秒时达到 +MV 并维持到 169 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 169 纳秒时电压下降,在 174 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 4 的驱动信号的驱动持续时间是 174 纳秒,驱动持续时间比波形 No. 3 的驱动信号长 11 纳秒。另外,如图 24A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 4 的驱动信号的波形与波形 No. 3 的驱动信号的波形成为时间对称,但是与波形 No. 3 的第 1 工作状态的长度相比,与该波形 No. 3 的第 1 工作状态对应的波形 No. 4 的第 5 工作状态的长度长 13 纳秒。在图 24B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 24A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 24B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内(3.8MHz-18.6MHz)的相关系数进行求解时,是 0.973。

[0097] (实施例 3)

[0098] 首先,作为上述的超声波探头 2 而使用发送 -20dB 下的下限频率(FL20)为 5.0MHz、上限频率(FH20)为 17.8MHz、中心频率(FC20)为 11.2MHz、发送接收 -20dB 的分数带宽为 114% 的超声波探头,将它设为超声波探头 B。在图 5 中用 B 来表示该超声波探头 B 的发送带宽形状。

[0099] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号以及第 2 脉冲信号设为与实施例 2 相同的波形 No. 3 以及波形 No. 4 的驱动信号。并且,对这些频率功率谱的、超声波探头 B 的 -20dB 下的发送频率带宽内(5.0MHz-17.8MHz)的相关系数进行求解时,是 0.977。

[0100] (实施例 4)

[0101] 首先,作为上述的超声波探头 2 而使用发送 -20dB 下的下限频率(FL20)为 5.6MHz、上限频率(FH20)为 17.3MHz、中心频率(FC20)为 11.2MHz、发送接收 -20dB 的分数

带宽为 104% 的超声波探头,将它设为超声波探头 C。在图 5 中用 C 来表示该超声波探头 C 的发送带宽形状。

[0102] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号以及第 2 脉冲信号设为与实施例 2 相同的波形 No. 3 以及波形 No. 4 的驱动信号。并且,对这些频率功率谱的、超声波探头 B 的 -20dB 下的发送频率带宽内 (5.0MHz-17.8MHz) 的相关系数进行求解时,是 0.977。

[0103] (实施例 5)

[0104] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0105] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为与实施例 1 相同的波形 No. 3 的驱动信号。

[0106] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 10 所示那样的波形 No. 5 的驱动信号。波形 No. 5 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -HV 并维持到 32 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 32 纳秒时电压上升,在 38 纳秒时达到 +HV 并维持到 75 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 75 纳秒时电压下降,在 82 纳秒时达到 0V 并维持到 100 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 100 纳秒时电压下降,在 107 纳秒时达到 -HV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压上升,在 144 纳秒时达到 +MV 并维持到 175 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 175 纳秒时电压下降,在 182 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 5 的驱动信号的驱动持续时间是 182 纳秒,驱动持续时间比波形 No. 3 的驱动信号长 19 纳秒。另外,如图 25A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 5 的驱动信号的波形与波形 No. 3 的驱动信号的波形成为时间对称,但是与波形 No. 3 的第 1 工作状态的长度相比,与该波形 No. 3 的第 1 工作状态对应的波形 No. 5 的第 5 工作状态的长度长 19 纳秒。在图 25B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 25A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 25B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内 (3.8MHz-18.6MHz) 的相关系数进行求解时,是 0.942。

[0107] (实施例 6)

[0108] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0109] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为与实施例 1 相同的波形 No. 3 的驱动信号。

[0110] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 11 所示那样的波形 No. 6 的驱动信号。波形 No. 6 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -HV 并维持到 32 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 32 纳秒时电压上升,在 38 纳秒时达到 +HV 并维持到 75 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 75 纳秒时电压下降,在 82 纳秒时达到 0V 并维持到 100 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 100 纳秒时电压下降,在 107 纳秒时达到 -HV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压上升,在 144 纳秒时达到 +MV 并维持到 182 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 182 纳秒时电压下降,在 188 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 6 的驱动信号的驱动持续时间是 188 纳秒,驱动持续时间比波形 No. 3 的驱动信号长 25 纳秒。另外,如图 26A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 6 的驱动信号的波形与波形 No. 3 的驱动信号的波形成为时间对称,但是与波形 No. 3 的第 1 工作状态的长度相比,与该波形 No. 3 的第 1 工作状态对应的波形 No. 6 的第 5 工作状态的长度长 26 纳秒。在图 26B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 26A 中,横轴表示时间,纵轴表示

电压。另外,在图 26B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内 (3.8MHz-18.6MHz) 的相关系数进行求解时,是 0.905。

[0111] (实施例 7)

[0112] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0113] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为与实施例 1 相同的波形 No. 3 的驱动信号。

[0114] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 12 所示那样的波形 No. 7 的驱动信号。波形 No. 7 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -HV 并维持到 32 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 32 纳秒时电压上升,在 38 纳秒时达到 +HV 并维持到 75 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 75 纳秒时电压下降,在 82 纳秒时达到 0V 并维持到 100 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 100 纳秒时电压下降,在 107 纳秒时达到 -HV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压上升,在 144 纳秒时达到 +MV 并维持到 188 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 188 纳秒时电压下降,在 194 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 7 的驱动信号的驱动持续时间是 194 纳秒,驱动持续时间比波形 No. 3 的驱动信号长 31 纳秒。另外,如图 27A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 7 的驱动信号的波形与波形 No. 3 的驱动信号的波形成时间对称,但是与波形 No. 3 的第 1 工作状态的长度相比,与该波形 No. 3 的第 1 工作状态对应的波形 No. 7 的第 5 工作状态的长度长 32 纳秒。在图 27B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 27A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 27B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内 (3.8MHz-18.6MHz) 的相关系数进行求解时,是 0.859。

[0115] (实施例 8)

[0116] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0117] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为与实施例 1 相同的波形 No. 3 的驱动信号。

[0118] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 13 所示那样的波形 No. 8 的驱动信号。波形 No. 8 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -HV 并维持到 32 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 32 纳秒时电压上升,在 38 纳秒时达到 +HV 并维持到 75 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 75 纳秒时电压下降,在 82 纳秒时达到 0V 并维持到 100 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 100 纳秒时电压下降,在 107 纳秒时达到 -HV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压上升,在 144 纳秒时达到 +MV 并维持到 194 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 194 纳秒时电压下降,在 200 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 8 的驱动信号的驱动持续时间是 200 纳秒,驱动持续时间比波形 No. 3 的驱动信号长 37 纳秒。另外,如图 28A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 8 的驱动信号的波形与波形 No. 3 的驱动信号的波形成时间对称,但是与波形 No. 3 的第 1 工作状态的长度相比,与该波形 No. 3 的第 1 工作状态对应的波形 No. 8 的第 5 工作状态的长度长 38 纳秒。在图 28B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 28A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 28B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内 (3.8MHz-18.6MHz) 的相关系数进行求解时,是 0.835。

[0119] (实施例 9)

[0120] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0121] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为如图 15 所示那样的波形 No. 10 的驱动信号。波形 No. 10 的驱动信号在 0 纳秒时电压上升,在 7 纳秒时达到 +HV 并维持到 19 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 19 纳秒时电压下降,在 25 纳秒时达到 -HV 并维持到 57 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 57 纳秒时电压上升,在 63 纳秒时达到 0V 并维持到 82 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 82 纳秒时电压上升,在 88 纳秒时达到 +HV 并维持到 125 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 125 纳秒时电压下降,在 132 纳秒时达到 -HV 并维持到 157 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 157 纳秒时电压上升,在 163 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 10 的驱动信号的驱动持续时间成为 163 纳秒。

[0122] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 22 所示那样的波形 No. 17 的驱动信号。波形 No. 17 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -HV 并维持到 32 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 32 纳秒时电压上升,在 38 纳秒时达到 +HV 并维持到 75 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 75 纳秒时电压下降,在 82 纳秒时达到 0V 并维持到 100 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 100 纳秒时电压下降,在 107 纳秒时达到 -HV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压上升,在 144 纳秒时达到 +MV 并维持到 157 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 157 纳秒时电压下降,在 163 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 17 的驱动信号的驱动持续时间是 163 纳秒,驱动持续时间变得与波形 No. 10 的驱动信号相同。另外,如图 29A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 17 的驱动信号的波形与波形 No. 10 的驱动信号的波形成为时间对称,但是波形 No. 10 的第 1 工作状态的电压变得高于与该波形 No. 10 的第 1 工作状态对应的波形 No. 17 的第 5 工作状态的电压。在图 29B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 29A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 29B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内(3.8MHz-18.6MHz)的相关系数进行求解时,是 0.961。

[0123] (实施例 10)

[0124] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0125] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为如图 18 所示那样的波形 No. 13 的驱动信号。波形 No. 13 的驱动信号在 0 纳秒时电压上升,在 7 纳秒时达到 +MV 并维持到 25 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 25 纳秒时电压下降,在 32 纳秒时达到 -HV 并维持到 57 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 57 纳秒时电压上升,在 75 纳秒时达到 +HV 并维持到 94 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 94 纳秒时电压下降,在 100 纳秒时达到 -MV 并维持到 119 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 119 纳秒时电压上升,在 125 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 13 的驱动信号的驱动持续时间成为 125 纳秒。

[0126] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 19 所示那样的波形 No. 14 的驱动信号。波形 No. 14 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -MV 并维持到 13 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 13 纳秒时电压上升,在 19 纳秒时达到 +HV 并维持到 38 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 38 纳秒时电压下降,在 57 纳秒时达到 -HV 并维持到 82 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 82 纳秒时电压上升,在 88 纳秒时达到 +MV 并维持到 119 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 119 纳秒时电压下降,在 125 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 14 的驱动信号的驱动持续时间是 125 纳秒,驱动持续时间变得与波形 No. 13 的驱动信号相同。另外,如图

30A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 14 的驱动信号的波形与波形 No. 13 的驱动信号的波形成为时间对称,但是与波形 No. 13 的第 1 工作状态的长度相比,与该波形 No. 13 的第 1 工作状态对应的波形 No. 14 的第 4 工作状态的长度长 13 纳秒,另外,与波形 No. 13 的第 4 工作状态的长度相比,与该波形 No. 13 的第 4 工作状态对应的波形 No. 14 的第 1 工作状态的长度短 13 纳秒。在图 30B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 30A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 30B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内(3.8MHz-18.6MHz)的相关系数进行求解时,是 0.965。

[0127] (实施例 11)

[0128] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0129] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为如图 16 所示那样的波形 No. 11 的驱动信号。波形 No. 11 的驱动信号在 0 纳秒时电压上升,在 7 纳秒时达到 +MV 并维持到 44 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 44 纳秒时电压下降,在 57 纳秒时达到 -MV 并维持到 63 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 63 纳秒时电压下降,在 69 纳秒时达到 -HV 并维持到 94 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 94 纳秒时电压上升,在 119 纳秒时达到 +HV 并维持到 144 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 144 纳秒时电压下降,在 150 纳秒时达到 +MV 并维持到 157 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 157 纳秒时电压下降,在 163 纳秒时达到 0V 并维持到 175 纳秒为止(第 6 工作状态)。之后,在 175 纳秒时电压下降,在 182 纳秒时达到 -MV 并维持到 219 纳秒为止(第 7 工作状态)。之后,在 219 纳秒时电压上升,在 225 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 11 的驱动信号的驱动持续时间成为 225 纳秒。

[0130] 另外,将第 2 脉冲信号设为如图 17 所示那样的波形 No. 12 的驱动信号。波形 No. 12 的驱动信号在 0 纳秒时电压下降,在 7 纳秒时达到 -MV 并维持到 38 纳秒为止(第 1 工作状态)。之后,在 38 纳秒时电压上升,在 44 纳秒时达到 0V 并维持到 50 纳秒为止(第 2 工作状态)。之后,在 50 纳秒时电压上升,在 57 纳秒时达到 +MV 并维持到 119 纳秒为止(第 3 工作状态)。之后,在 119 纳秒时电压下降,在 132 纳秒时达到 -MV 并维持到 138 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 138 纳秒时电压下降,在 144 纳秒时达到 -HV 并维持到 157 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 157 纳秒时电压上升,在 163 纳秒时达到 -MV 并维持到 169 纳秒为止(第 6 工作状态)。之后,在 169 纳秒时电压上升,在 182 纳秒时达到 +MV 并维持到 219 纳秒为止(第 7 工作状态)。之后,在 219 纳秒时电压下降,在 225 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 12 的驱动信号的驱动持续时间是 225 纳秒,驱动持续时间变得与波形 No. 11 的驱动信号相同。另外,如图 31A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 12 的驱动信号的波形与波形 No. 11 的驱动信号的波形成为非对称。在图 31B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 31A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 31B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内(3.8MHz-18.6MHz)的相关系数进行求解时,是 0.827。

[0131] (比较例 1)

[0132] 首先,作为上述的超声波探头 2,使用了与实施例 1 相同的超声波探头 A。

[0133] 将从上述的发送部 12 输出的第 1 脉冲信号设为如图 6 所示那样的波形 No. 1 的驱动信号。波形 No. 1 的驱动信号在 0 纳秒时电压上升,在 7 纳秒时达到 +MV 并维持到 19 纳

秒为止(第1工作状态)。之后,在19纳秒时电压上升,在25纳秒时达到+HV并维持到63纳秒为止(第2工作状态)。之后,在63纳秒时电压下降,在69纳秒时达到+MV并维持到82纳秒为止(第3工作状态)。之后,在82纳秒时电压下降,在94纳秒时达到-MV并维持到107纳秒为止(第4工作状态)。之后,在107纳秒时电压下降,在113纳秒时达到-HV并维持到150纳秒为止(第5工作状态)。之后,在150纳秒时电压上升,在157纳秒时达到-MV并维持到169纳秒为止(第6工作状态)。之后,在169纳秒时电压上升,在175纳秒时达到0V。这样,波形No.1的驱动信号的驱动持续时间成为175纳秒。

[0134] 另外,将第2脉冲信号设为如图20所示那样的波形No.15的驱动信号。波形No.15的驱动信号在0纳秒时电压下降,在7纳秒时达到-MV并维持到19纳秒为止(第1工作状态)。之后,在19纳秒时电压下降,在25纳秒时达到-HV并维持到63纳秒为止(第2工作状态)。之后,在63纳秒时电压上升,在69纳秒时达到-MV并维持到82纳秒为止(第3工作状态)。之后,在82纳秒时电压上升,在94纳秒时达到+MV并维持到107纳秒为止(第4工作状态)。之后,在107纳秒时电压上升,在113纳秒时达到+HV并维持到150纳秒为止(第5工作状态)。之后,在150纳秒时电压下降,在157纳秒时达到+MV并维持到169纳秒为止(第6工作状态)。之后,在169纳秒时电压下降,在175纳秒时达到0V。这样,波形No.15的驱动信号的驱动持续时间是175纳秒,驱动持续时间变得与波形No.1的驱动信号相同。另外,如图32A所示,作为第2脉冲信号的波形No.15的驱动信号的波形与波形No.1的驱动信号的波形成为使正负的极性反转了的形状,且成为对称。在图32B中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图32A中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图32B中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头A的-20dB下的发送频率带宽内(3.8MHz-18.6MHz)的相关系数进行求解时,是1.000。

[0135] (比较例2)

[0136] 首先,作为上述的超声波探头2,使用了与实施例1相同的超声波探头A。

[0137] 将从上述的发送部12输出的第1脉冲信号设为如图7所示那样的波形No.2的驱动信号。波形No.2的驱动信号在0纳秒时电压上升,在7纳秒时达到+MV并维持到19纳秒为止(第1工作状态)。之后,在19纳秒时电压上升,在25纳秒时达到+HV并维持到63纳秒为止(第2工作状态)。之后,在63纳秒时电压下降,在69纳秒时达到+MV并维持到82纳秒为止(第3工作状态)。之后,在82纳秒时电压下降,在94纳秒时达到-MV并维持到107纳秒为止(第4工作状态)。之后,在107纳秒时电压下降,在113纳秒时达到-HV并维持到150纳秒为止(第5工作状态)。之后,在150纳秒时电压上升,在157纳秒时达到-MV并维持到169纳秒为止(第6工作状态)。之后,在169纳秒时电压上升,在182纳秒时达到+MV并维持到194纳秒为止(第7工作状态)。之后,在194纳秒时电压上升,在200纳秒时达到+HV并维持到238纳秒为止(第8工作状态)。之后,在238纳秒时电压下降,在244纳秒时达到+MV并维持到257纳秒为止(第9工作状态)。之后,在257纳秒时电压下降,在263纳秒时达到0V。这样,波形No.2的驱动信号的驱动持续时间成为263纳秒。

[0138] 另外,将第2脉冲信号设为如图21所示那样的波形No.16的驱动信号。波形No.16的驱动信号在0纳秒时电压下降,在7纳秒时达到-MV并维持到19纳秒为止(第1工作状态)。之后,在19纳秒时电压下降,在25纳秒时达到-HV并维持到63纳秒为止(第2工作状态)。之后,在63纳秒时电压上升,在69纳秒时达到-MV并维持到82纳秒为止(第3工

作状态)。之后,在 82 纳秒时电压上升,在 94 纳秒时达到 +MV 并维持到 107 纳秒为止(第 4 工作状态)。之后,在 107 纳秒时电压上升,在 113 纳秒时达到 +HV 并维持到 150 纳秒为止(第 5 工作状态)。之后,在 150 纳秒时电压下降,在 157 纳秒时达到 +MV 并维持到 169 纳秒为止(第 6 工作状态)。之后,在 169 纳秒时电压下降,在 182 纳秒时达到 -MV 并维持到 194 纳秒为止(第 7 工作状态)。之后,在 194 纳秒时电压下降,在 200 纳秒时达到 -HV 并维持到 238 纳秒为止(第 8 工作状态)。之后,在 238 纳秒时电压上升,在 244 纳秒时达到 -MV 并维持到 257 纳秒为止(第 9 工作状态)。之后,在 257 纳秒时电压上升,在 263 纳秒时达到 0V。这样,波形 No. 16 的驱动信号的驱动持续时间是 263 纳秒,驱动持续时间变得与波形 No. 2 的驱动信号相同。另外,如图 33A 所示,作为第 2 脉冲信号的波形 No. 16 的驱动信号的波形与波形 No. 2 的驱动信号的波形在极性上成为对称。在图 33B 中示出对这些驱动波形进行频率分析而得到的频率功率谱。此外,在图 33A 中,横轴表示时间,纵轴表示电压。另外,在图 33B 中,横轴表示频率,纵轴表示信号强度。对这些频率功率谱的、超声波探头 A 的 -20dB 下的发送频率带宽内(3.8MHz-18.6MHz)的相关系数进行求解时,是 1.000。

[0139] < 评价方法 >

[0140] 在与 Gammex 公司产的 RMI404GS-LE0.5 相同的声音等效材料的深度 25mm 的位置处埋设了 50 μ m 的 SUS 导线。并且,在同一扫描线上隔着时间间隔而向超声波探头提供下述表 1 所示的条件的驱动波形的第 1 脉冲信号和第 2 脉冲信号,进行第 1 超声波以及第 2 超声波的发送接收,通过上述的脉冲反向法对从接收到的第 1 超声波以及第 2 超声波分别得到的接收信号进行合成,得到基于 THI (Tissue Harmonic Imaging:组织谐波成像)的超声波图像。此时,将发送焦点设为 25mm。然后,将进行了图像化时的导线描绘亮度变换为声音强度(dB),得到其 20dB 分辨率(距离分辨率、方位分辨率)。另外,对于 Gammex 公司产的 RMI403GS-LE0.5 的声音等效部件,将发送焦点设为 25mm 而进行第 1 超声波以及第 2 超声波的发送接收,如上述那样获取连续的两帧的超声波图像,并求出该两帧的超声波图像的相关性,确定该相关性低于 0.5 的深度,将其设为穿透深度(穿透率)。另外,在实施例 1~11 以及比较例 1 和 2 各自的条件下进行内侧半月板前端部、肩关节盂唇、肱二头肌长头腱的描绘,由从事整形外科相关工作的医师以及临床检查技师共计 10 名通过下述的评价基准获得评分,对其值进行平均而将它设为描绘性得分。

[0141] [评价基准]

[0142] 10 :对于组织状态的掌握无可挑剔的程度的描绘性

[0143] 8 :对于组织状态的掌握在实用上没有问题的程度的描绘性

[0144] 6 :虽然不是良好但是能够掌握组织状态的程度的描绘性

[0145] 4 :对组织状态的掌握有妨碍的程度的描绘性

[0146] 2 :组织状态的掌握困难的程度的描绘性

[0147] 在下述表 1 中示出以上的评价结果。

[0148] [表 1]

[0149]

显示模式		超声波探头			驱动波形				画质评价结果							
		No.	发送接收-20dB带宽中心 [MHz]	发送接收-20dB分数带宽 [%]	第一次发送 波形 No.	驱动 持续时间 (纳秒)	第二次发送 波形 No.	驱动 持续时间 (纳秒)	探测器-20dB 带宽中的第1 发送/第2发送 的频率强度谱 的相关系数	距离 分辨率 [μm]	方位 分辨率 [μm]	对侧半月板 前部	内侧半月板 前部	肩关节 孟唇	肱二头肌 长头腱	
实施例1	THI	A	11.2	38-18.6	132%	3	163	9	169	481	692	67	7.3	7.2	6.8	
实施例2		3	163	4		174	448	681	76	8.3	7.6	7.3				
实施例3		B	11.2	50-17.8		114%	3	163	4	174	497	688	66	7.2	7.2	6.5
实施例4											610	701	60	5.8	6.0	5.0
实施例5		A	11.2	38-18.6	132%	3	163	5	182	492	690	75	8.0	7.5	6.7	
实施例6		3	163	6		188	510	700	72	7.6	7.3	6.5				
实施例7		3	163	7		194	555	704	70	7.2	7.0	6.1				
实施例8		3	163	8		200	605	710	66	6.9	6.8	5.3				
实施例9		10	163	17	163	490	689	65	7.1	7.2	6.6					
实施例10		13	125	14	125	457	694	60	6.4	6.6	7.1					
实施例11		11	225	12	225	490	691	60	6.2	6.3	6.5					
比较例1		1	175	15	175	608	705	53	3.8	4.0	5.0					
比较例2	2	263	16	263	806	671	61	5.6	5.9	3.8						

[0150] < 评价结果 >

[0151] 从上述表1的结果可知,根据实施例1~11,当与比较例1以及2相比时,距离分辨率好,另外穿透深度大。另外,可知根据实施例1~11,与比较例1以及2相比,内侧半月板前端部、肩关节孟唇以及肱二头肌长头腱的描绘评价高。特别是,可知根据比较例1,与实施例1~11相比,穿透深度小,内侧半月板前端部以及肩关节孟唇的描绘评价差,根据比较例2,与实施例1~11相比,距离分辨率以及肱二头肌长头腱的描绘评价差。

[0152] 如以上所说明那样,在本实施方式中,超声波探头2通过脉冲信号的输入而向被检体输出发送超声波,并且通过接收来自被检体的反射超声波而输出接收信号。发送部12

通过输出驱动波形为矩形波的脉冲信号而使超声波探头 2 生成发送超声波。发送部 12 在同一扫描线上隔着时间间隔而多次输出驱动波形分别非对称的脉冲信号。图像生成部 14 以及图像处理部 15 合成从根据多次的脉冲信号而生成的发送超声波的反射超声波得到的各接收信号,并根据所合成的脉冲信号来生成超声波图像数据。其结果,即使不具备具有高度的正负驱动对称性的发送驱动装置,也能够维持分辨率并且提高穿透率。

[0153] 另外,根据本实施方式,发送部 12 输出第 1 脉冲信号以及使与该第 1 脉冲信号的多个工作状态中的至少一个不同而进行了时间反转或者极性反转得到的第 2 脉冲信号。其结果,通过该方法,能够将以以往由于发送部的正负对称性的破坏而作为意外的分量无法控制地残留的加法残余分量,控制为所希望的分量而使其残留,能够通过简单的方法来提高画质。

[0154] 另外,根据本实施方式,发送部 12 使多个脉冲信号的输出时间不同,因此能够通过简单的方法来提高分辨率和穿透率。

[0155] 另外,根据本实施方式,发送部 12 输出第 1 脉冲信号、以及通过使该第 1 脉冲信号的多个工作状态中的最初的峰值处的工作状态加长规定时间来进行时间反转或者极性反转从而使输出时间与第 1 脉冲信号不同的第 2 脉冲信号。其结果,能够通过简单的方法来提高分辨率和穿透率。

[0156] 另外,根据本实施方式,发送部 12 输出在超声波探头 2 的 -20dB 下的发送接收带宽内多个脉冲信号的频率分量的相关系数为 0.85 以上且小于 1 那样的多个脉冲信号。其结果,能够得到分辨率和穿透率进一步提高了的高画质的超声波图像。

[0157] 另外,根据本实施方式,在超声波探头 2 中, -20dB 的分数带宽为 110% 以上,因此能够发送更高分辨率的超声波。

[0158] 另外,根据本实施方式,脉冲信号是 5 个值以下的矩形波,因此能够廉价地提高分辨率。

[0159] 此外,本发明的实施方式中的描述是本发明的超声波图像诊断装置的一个例子,并不被它所限定。关于构成超声波图像诊断装置的各功能部的细节结构以及细节动作,也能够适当变更。

[0160] 另外,在本实施方式中,优选为第 1 脉冲信号和第 2 脉冲信号的频率功率谱的、超声波探头 2 的 -20dB 下的发送频率带宽内的相关系数为 0.85 以上,但是也可以小于 0.85。

[0161] 2013 年 3 月 19 日提出的日本特愿 2013-055837 号的所有公开内容全部引用到本申请中。

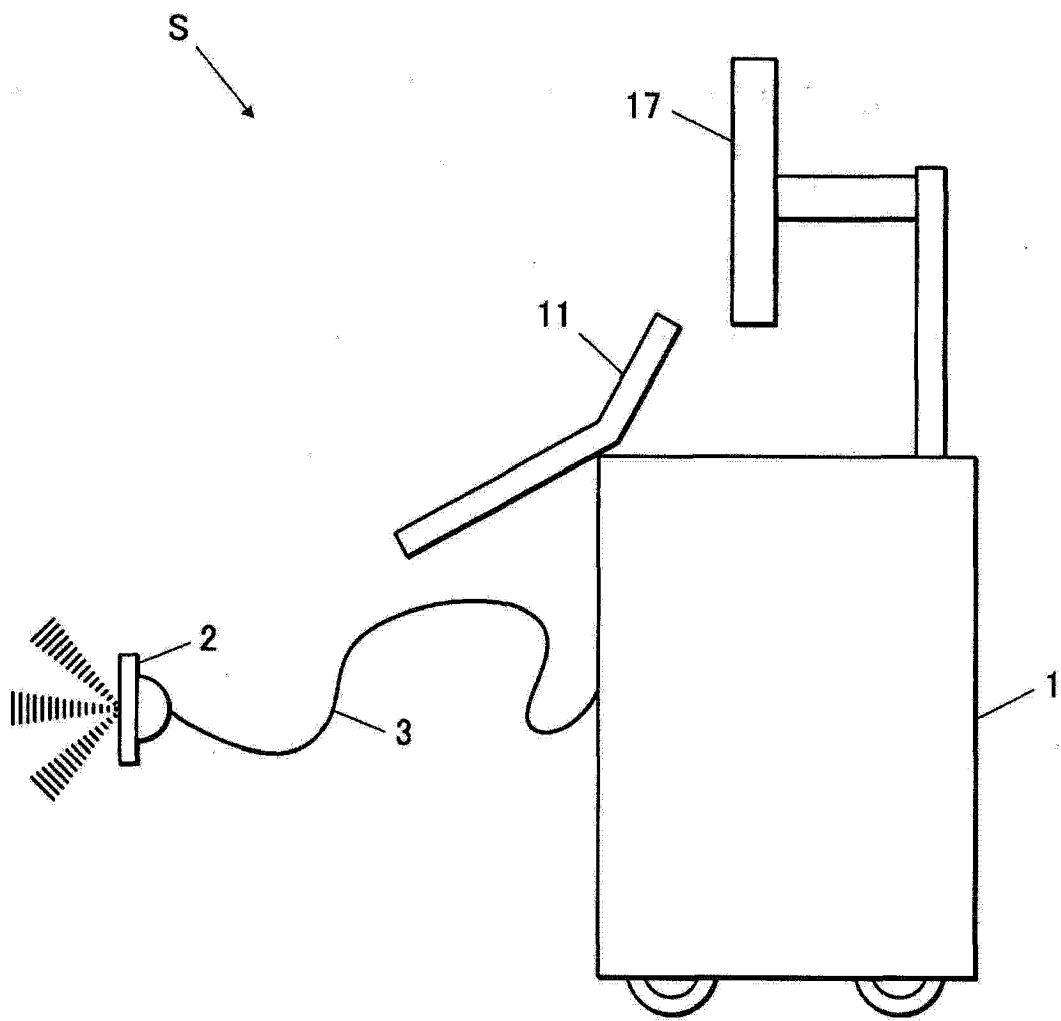


图 1

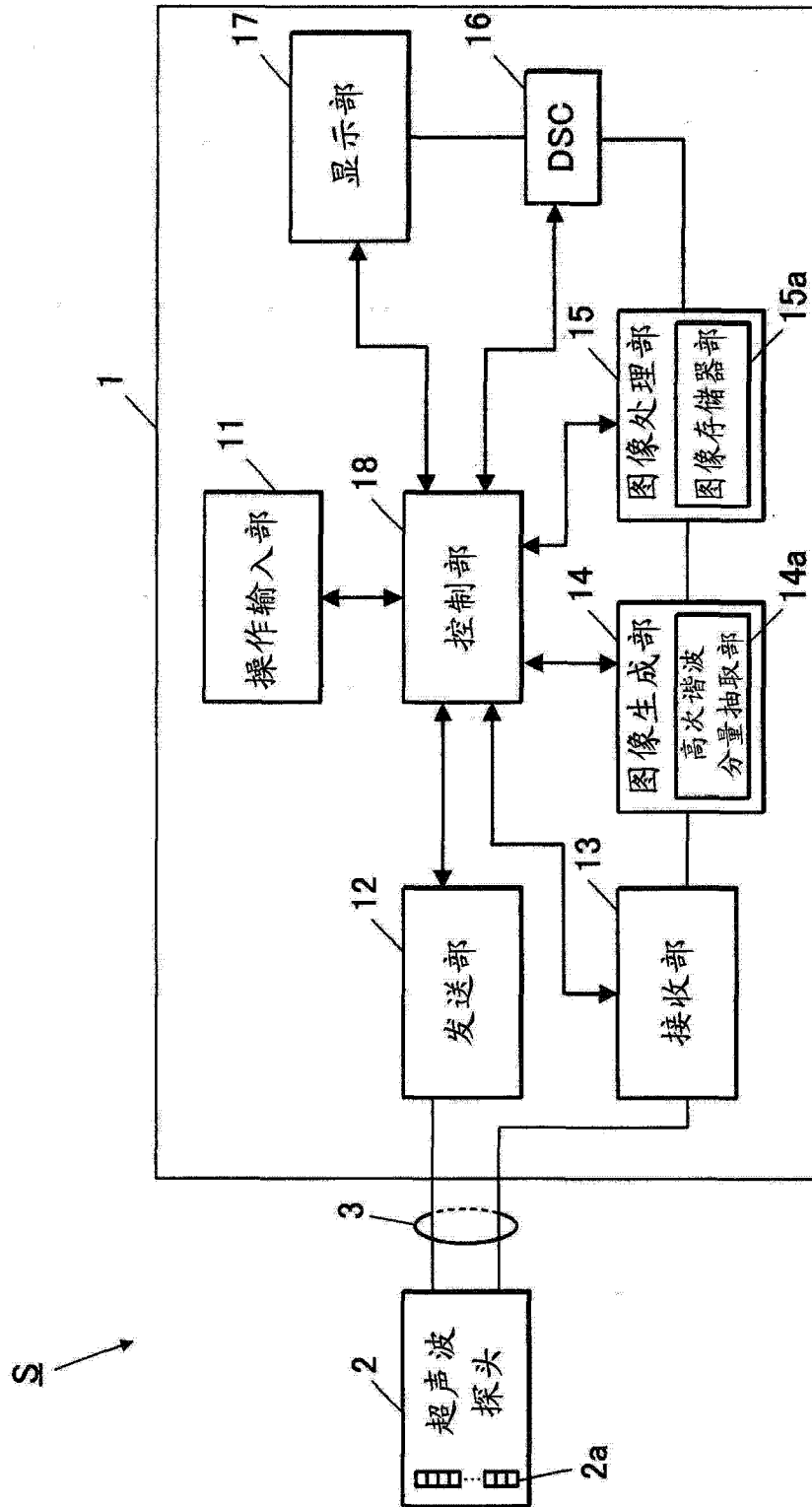


图 2

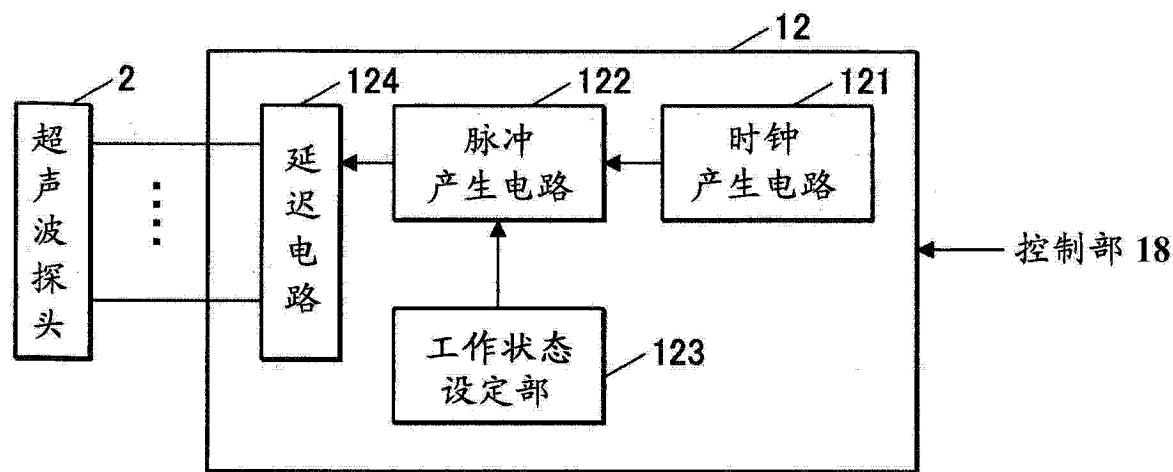


图 3

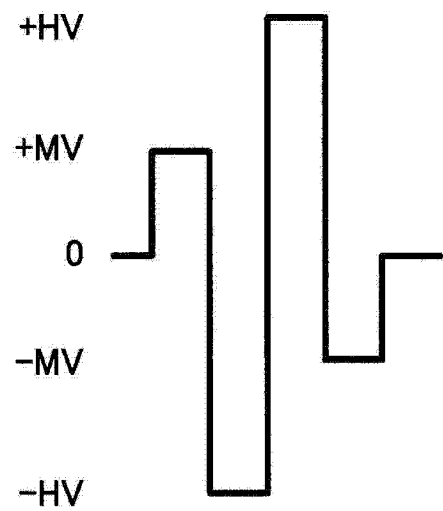


图 4

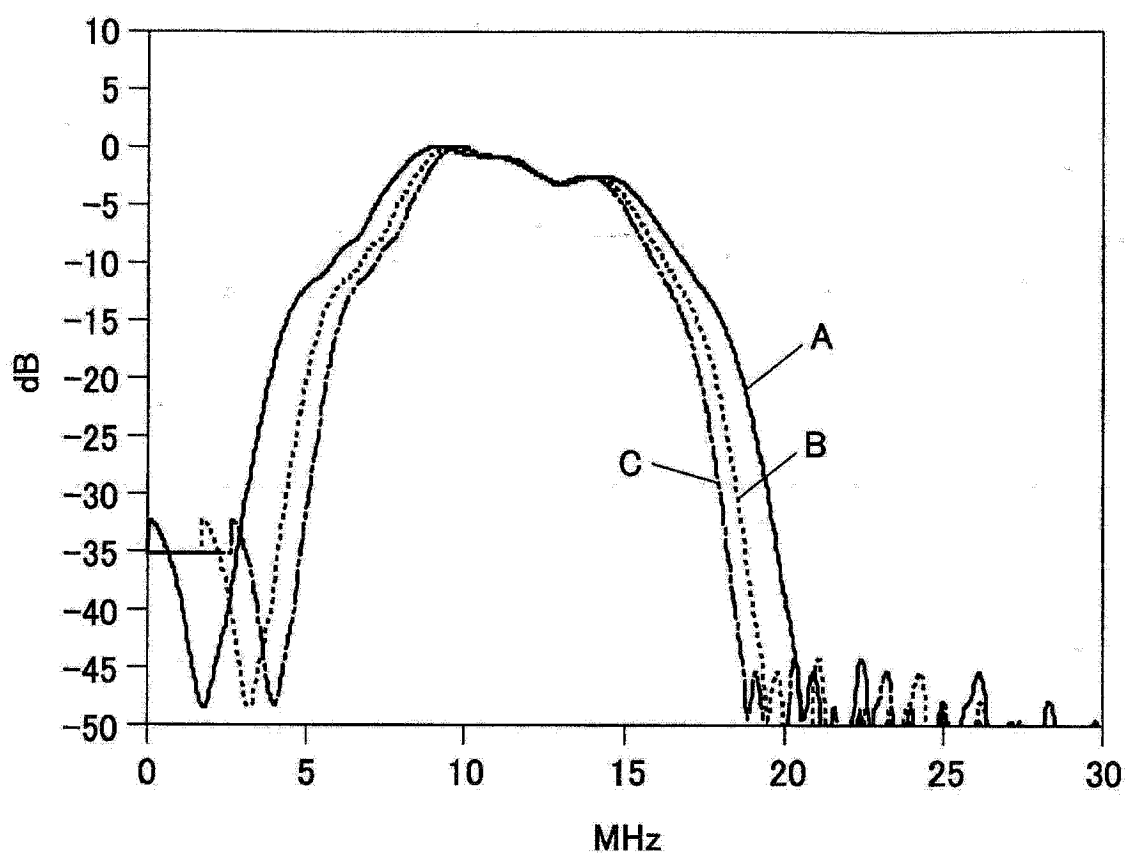


图 5

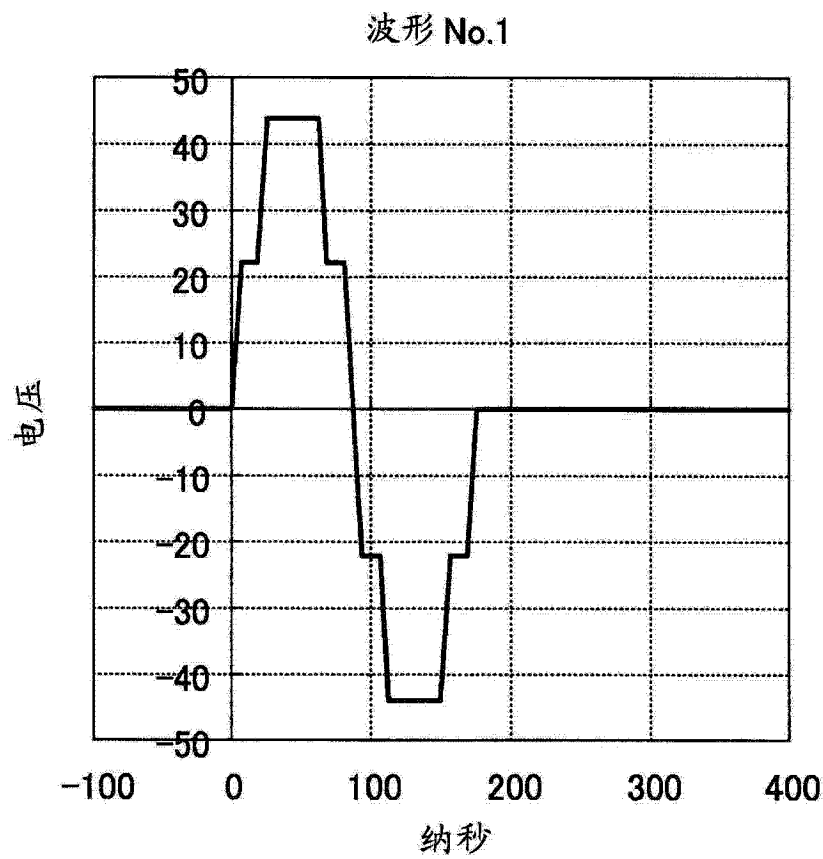


图 6

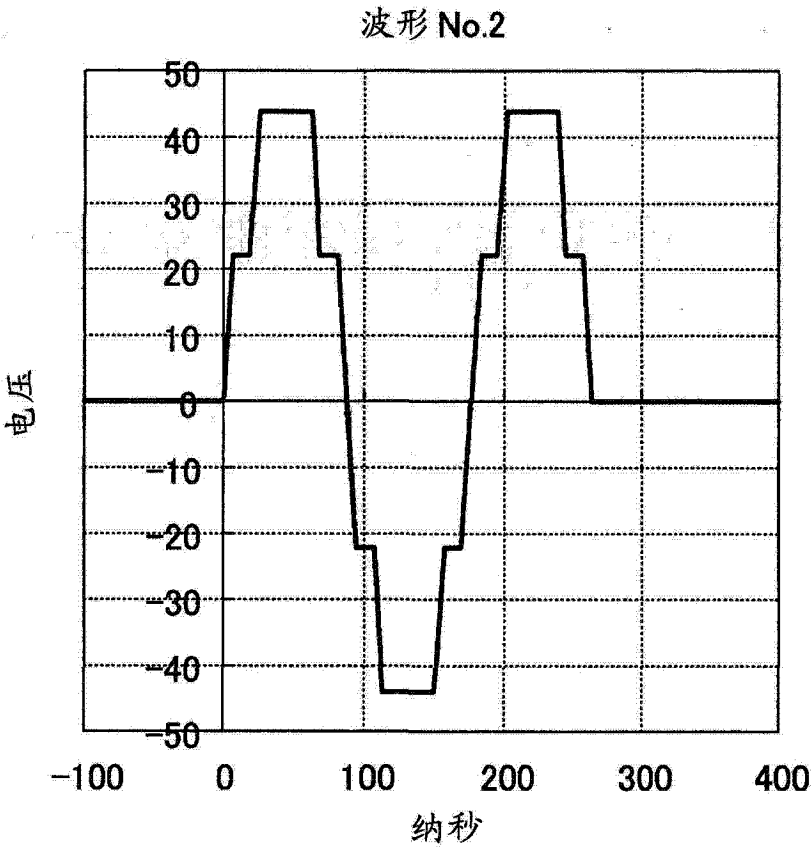


图 7

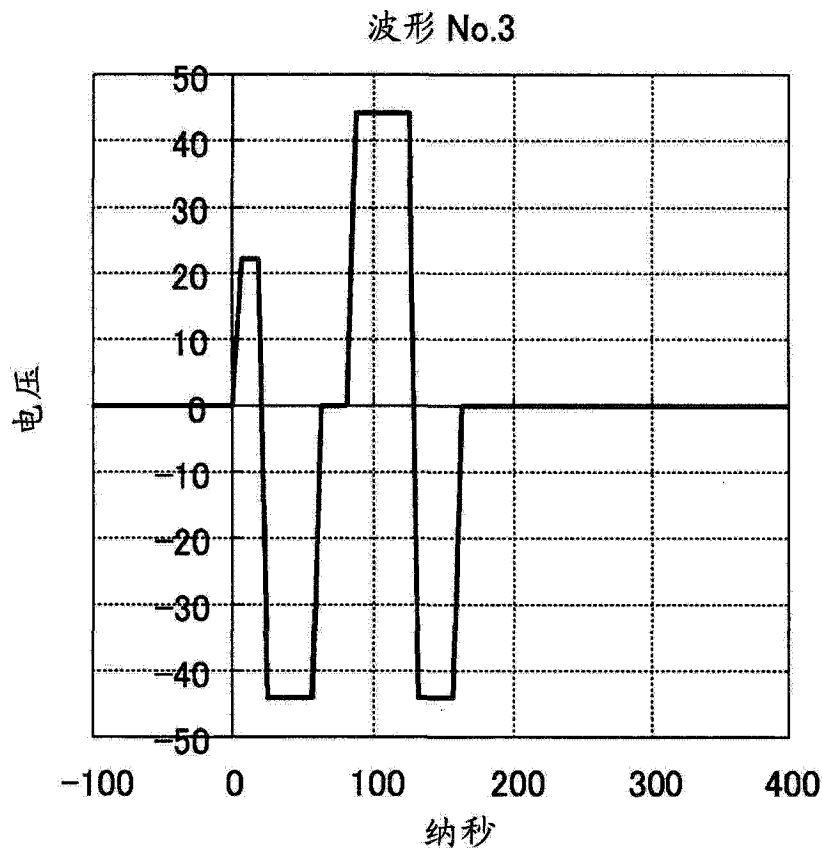


图 8

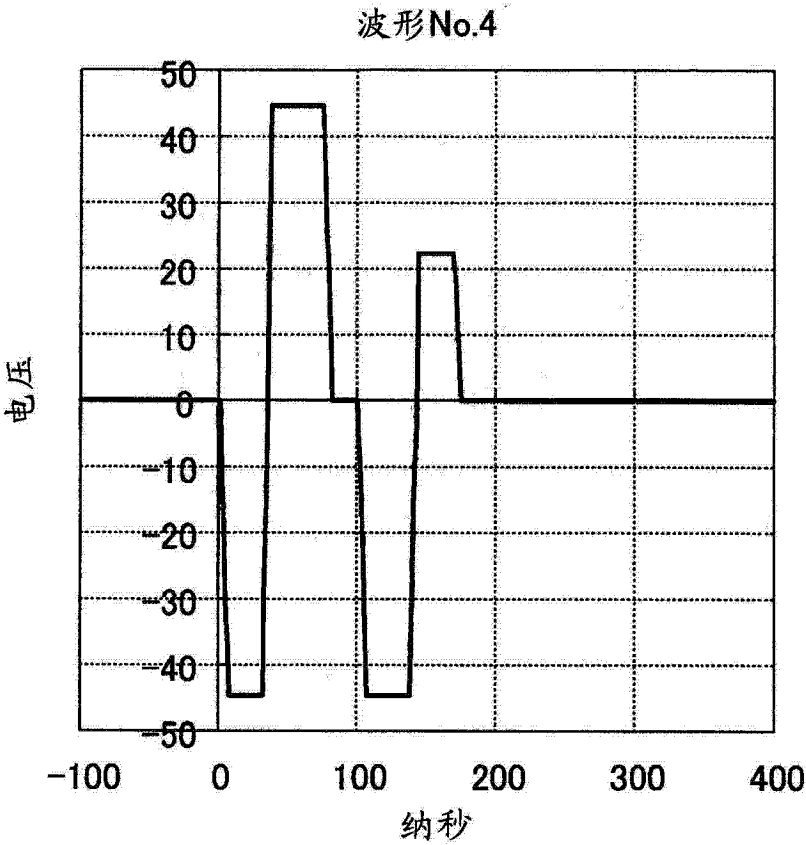


图 9

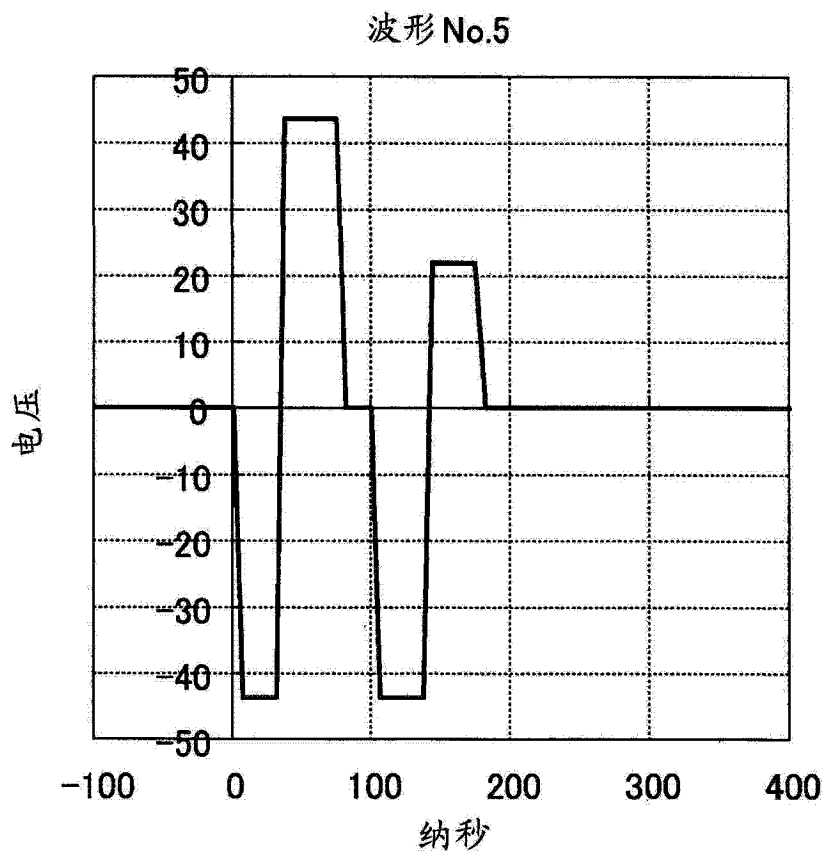


图 10

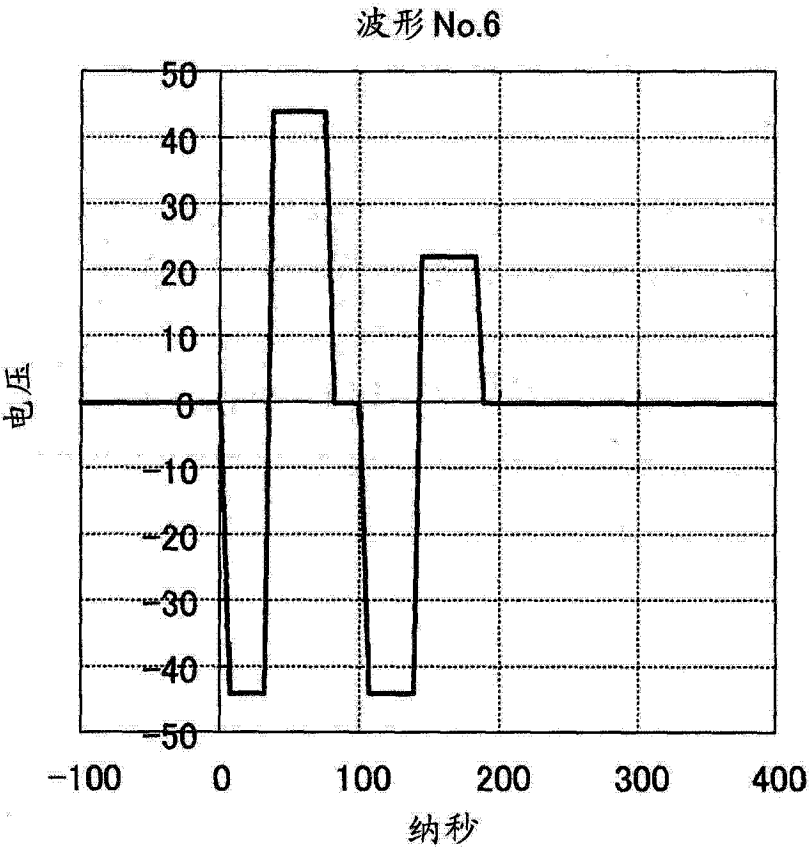


图 11

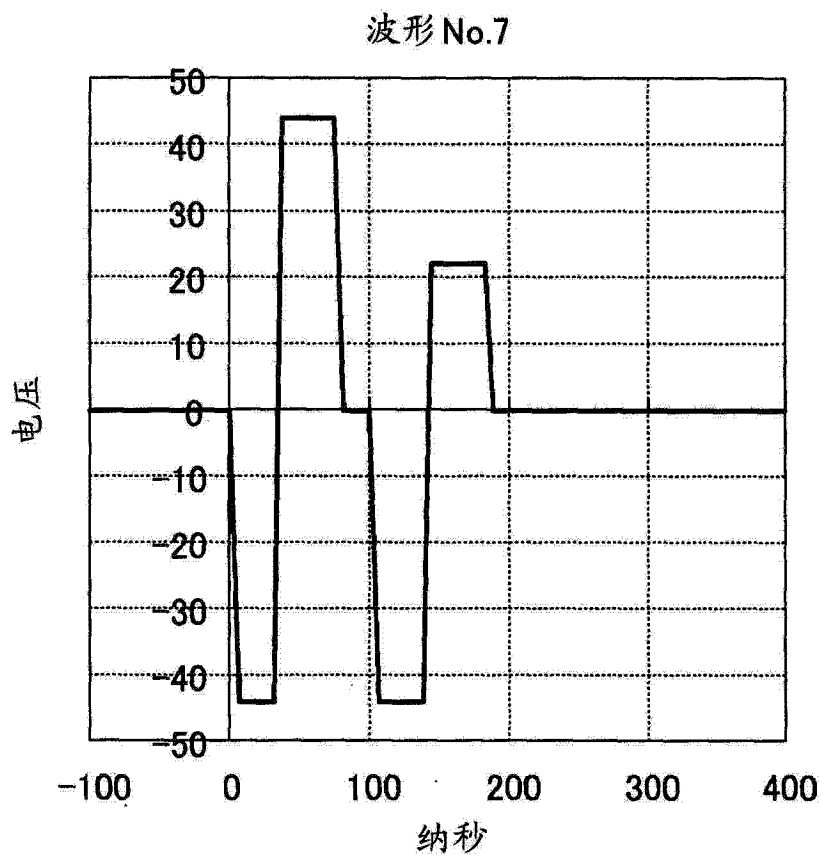


图 12

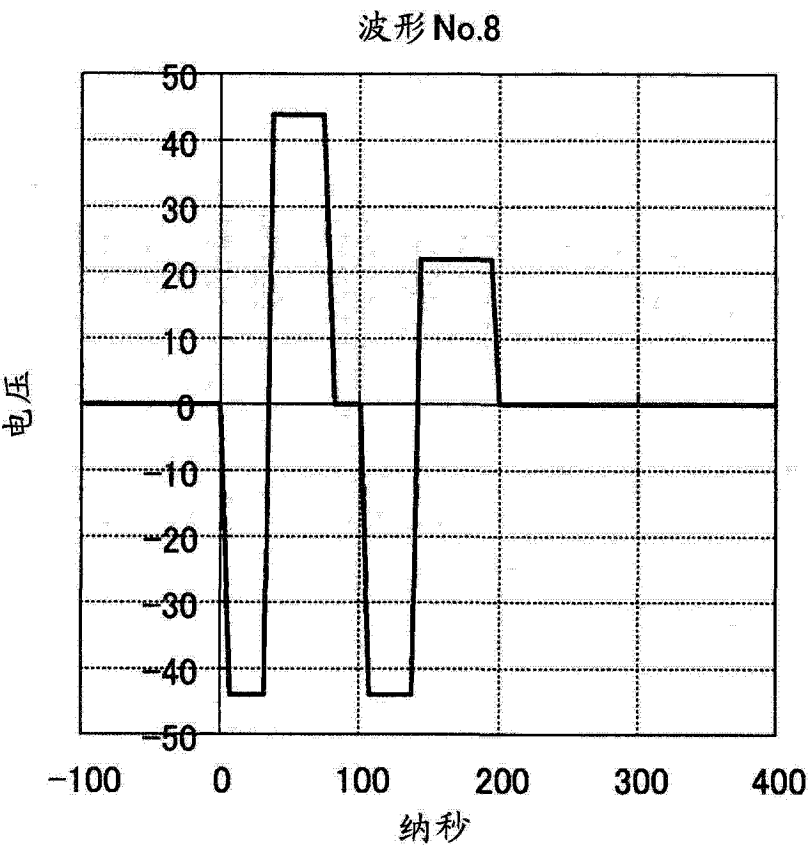


图 13

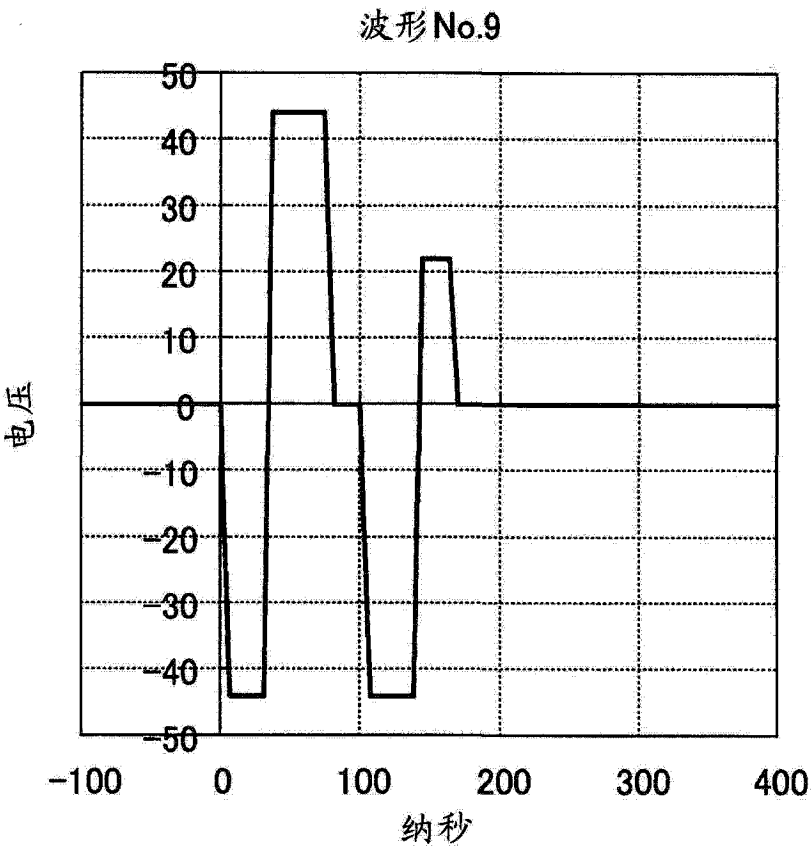


图 14

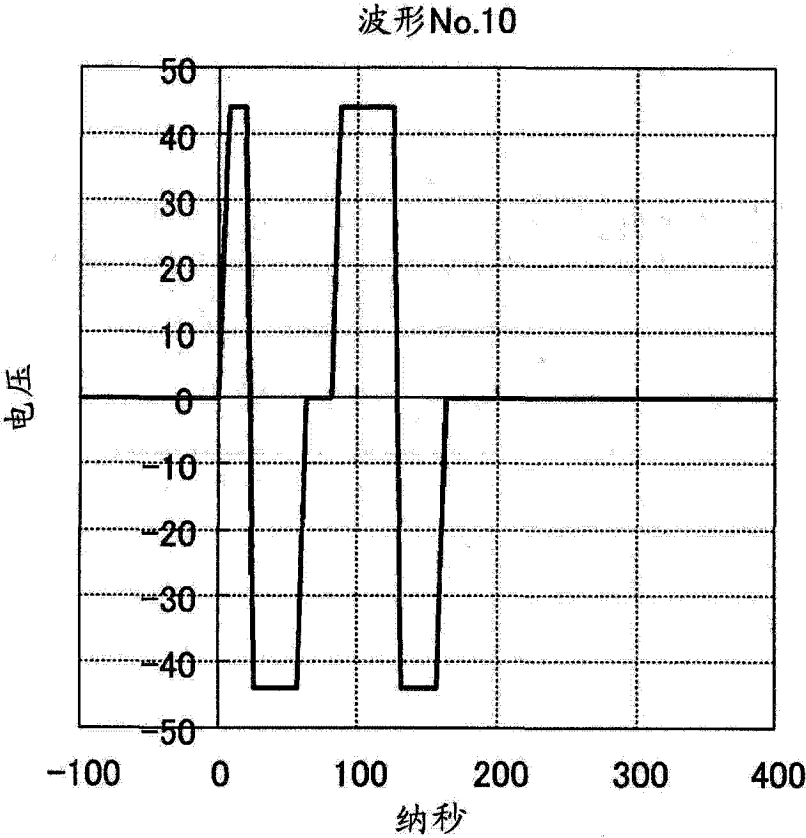


图 15

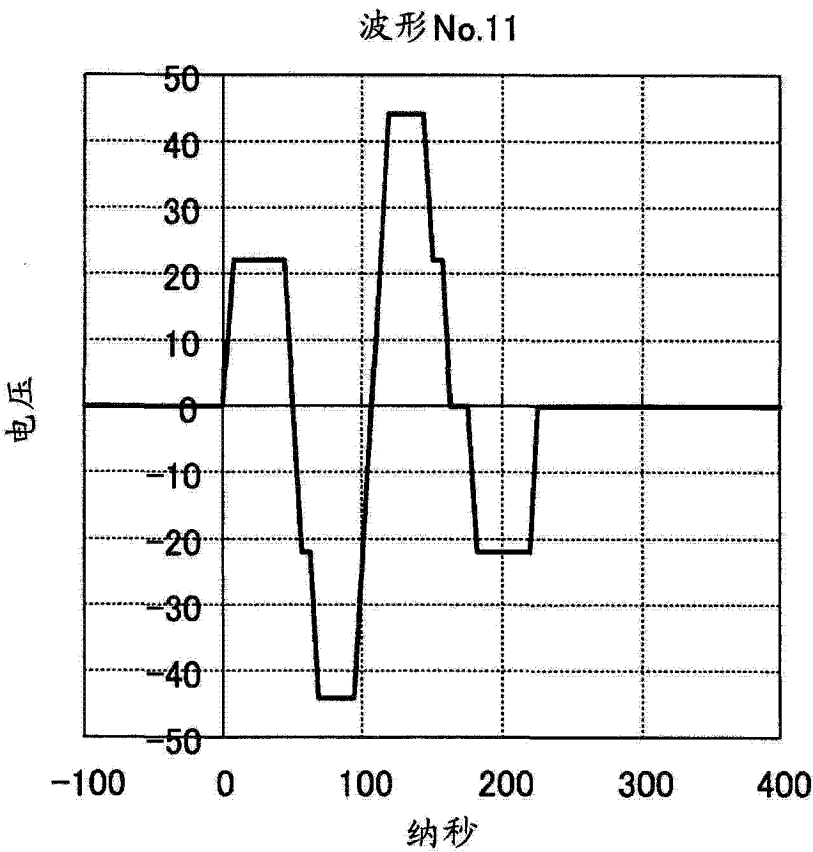


图 16

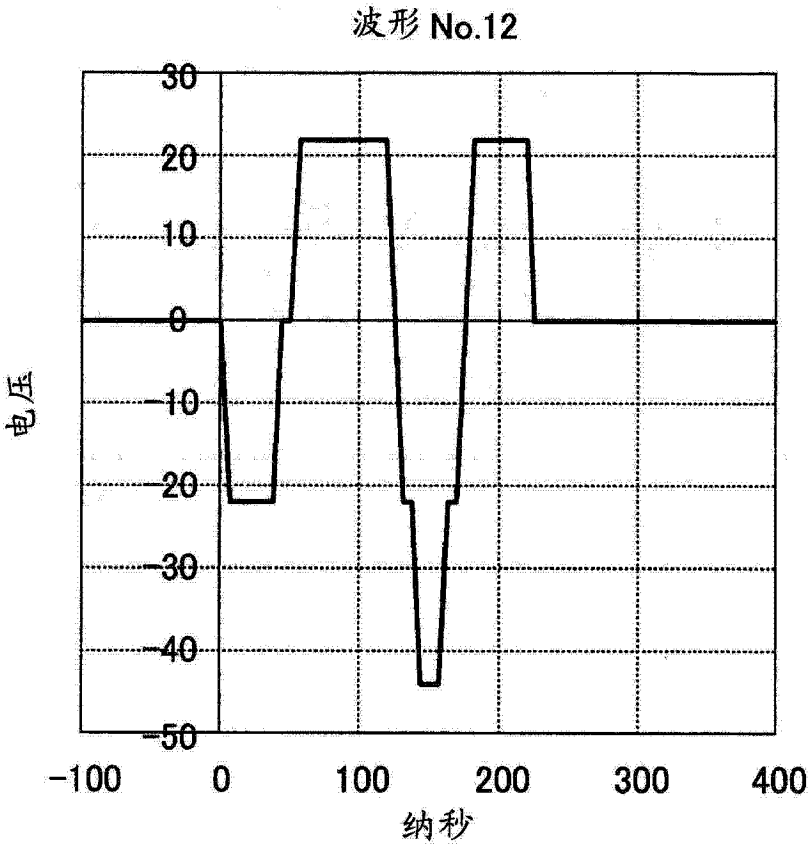


图 17

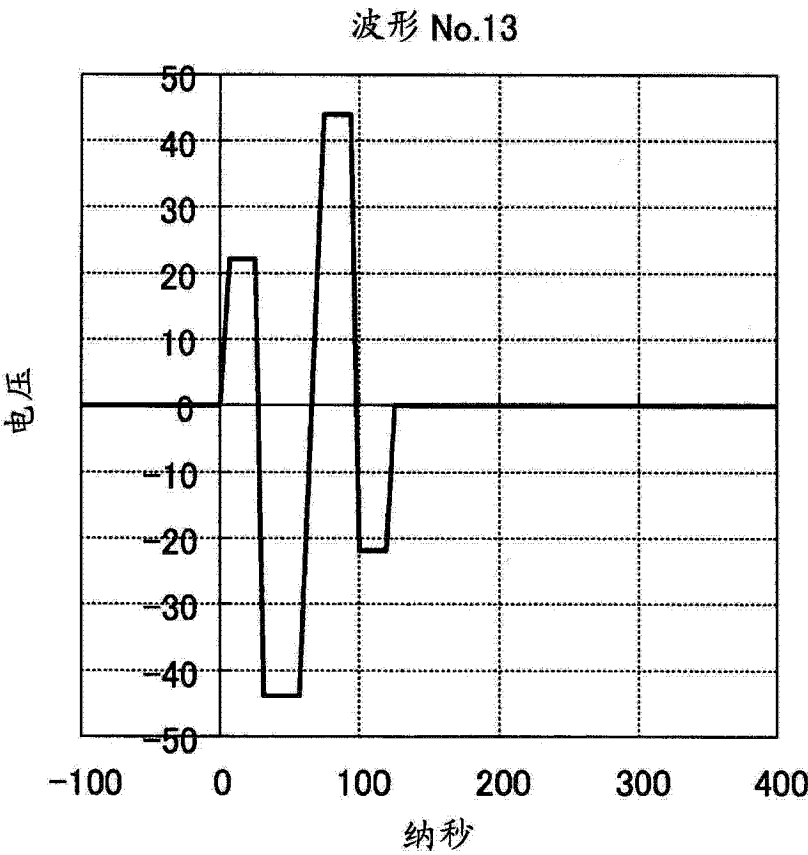


图 18

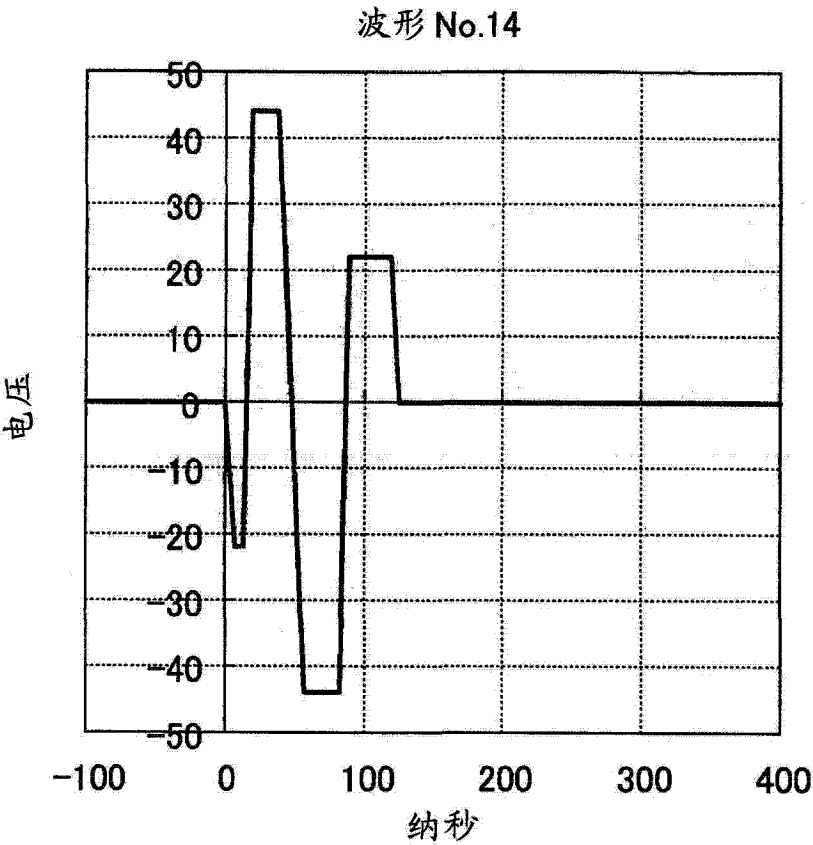


图 19

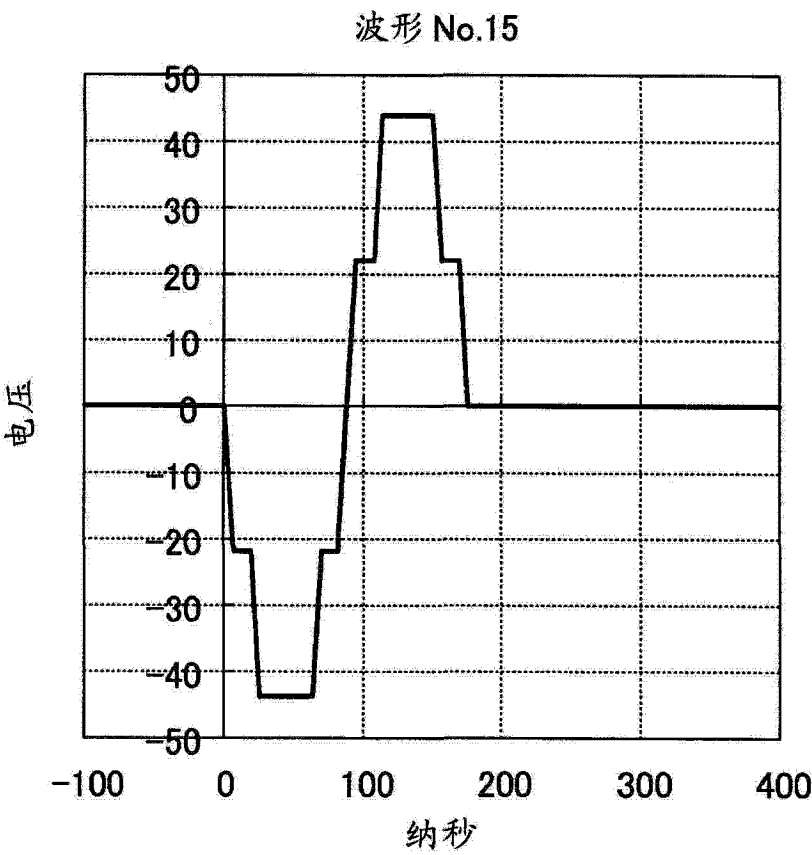


图 20

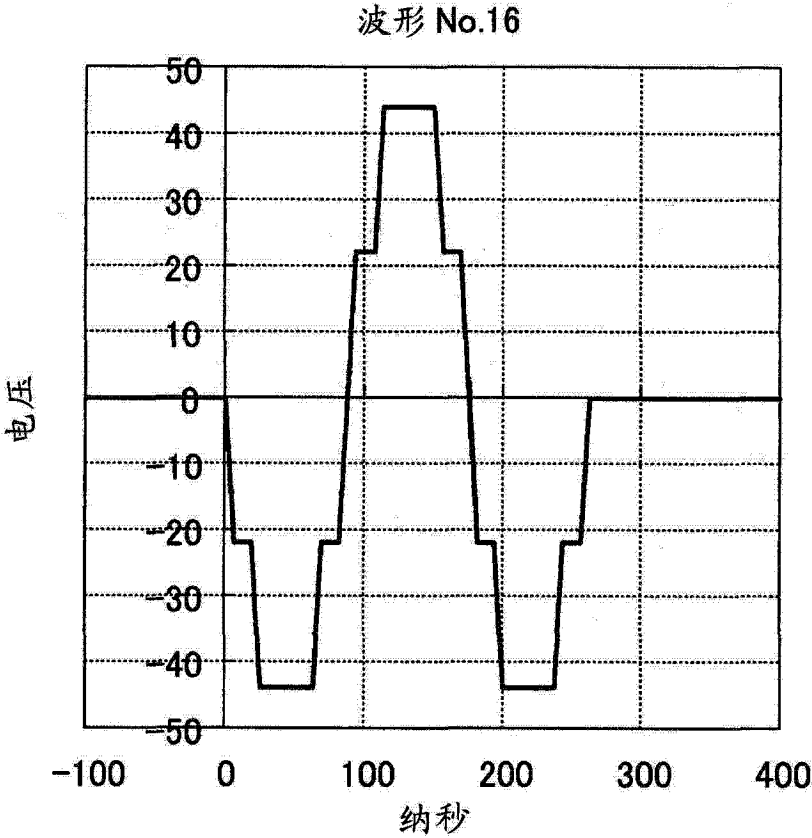


图 21

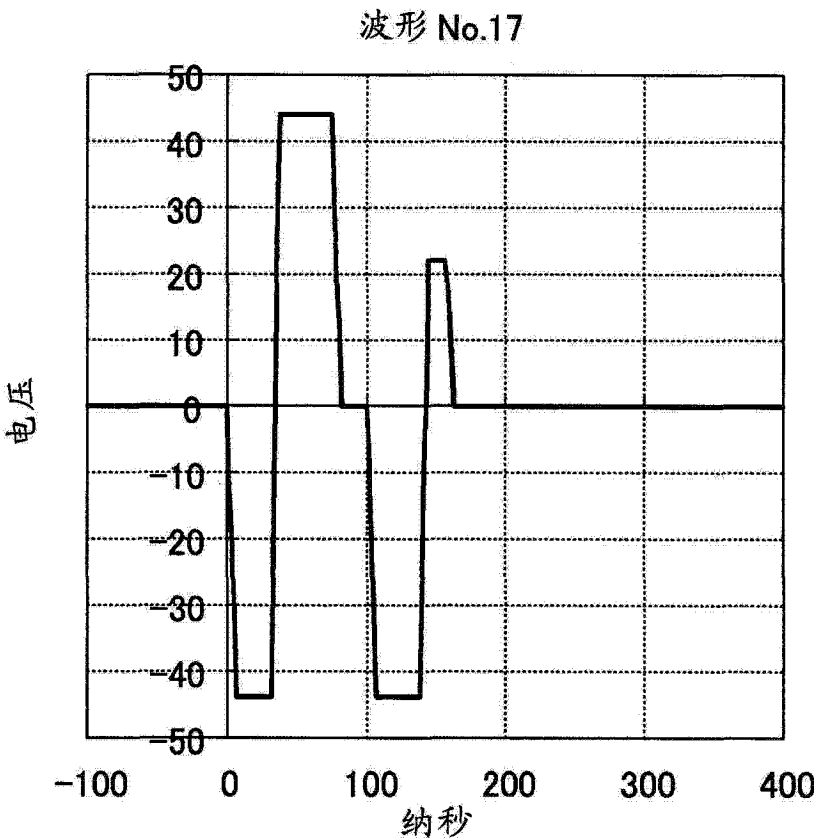


图 22

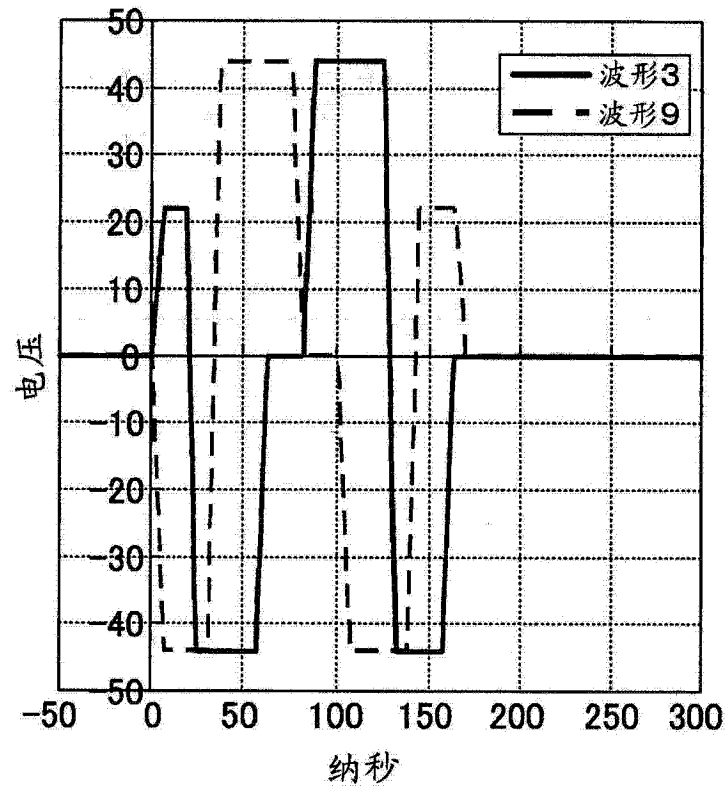


图 23A

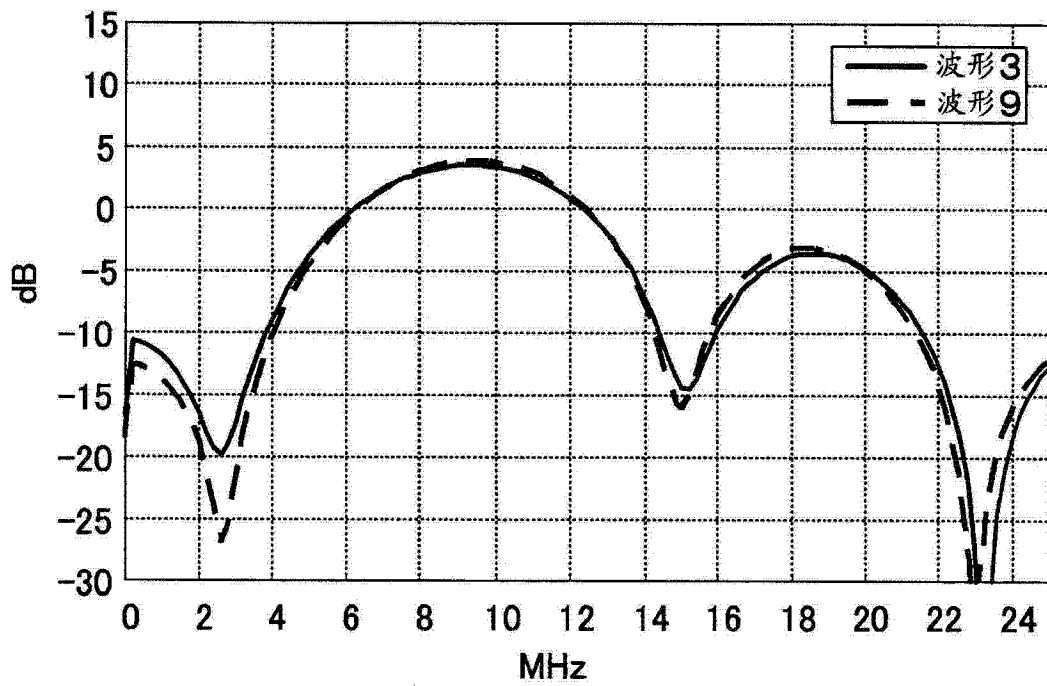


图 23B

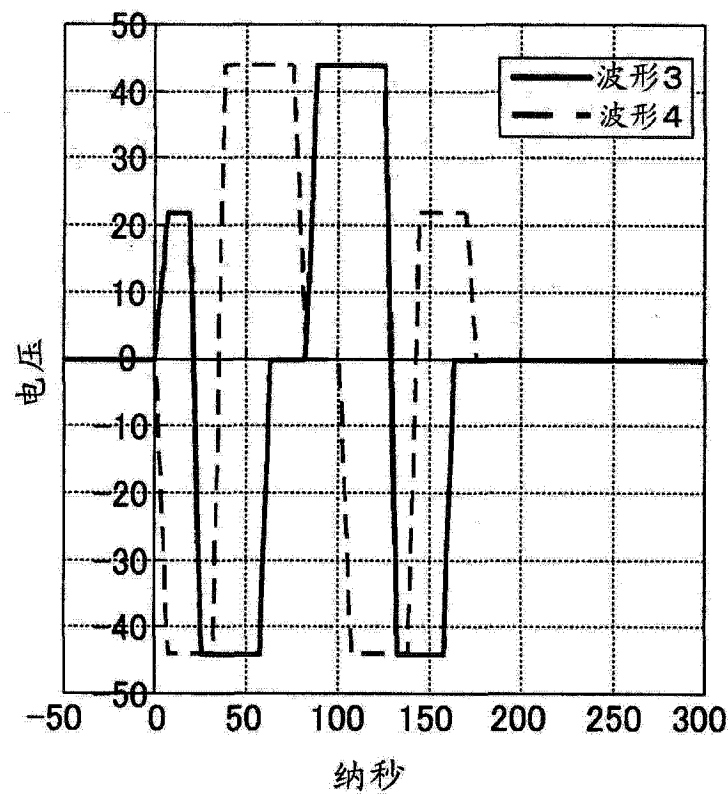


图 24A

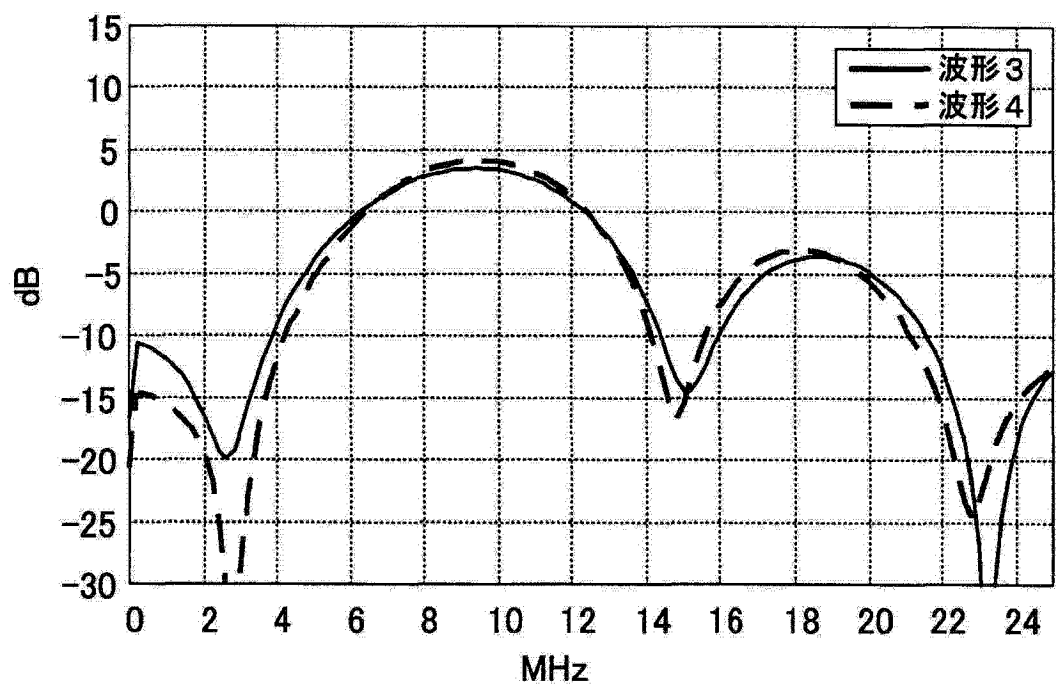


图 24B

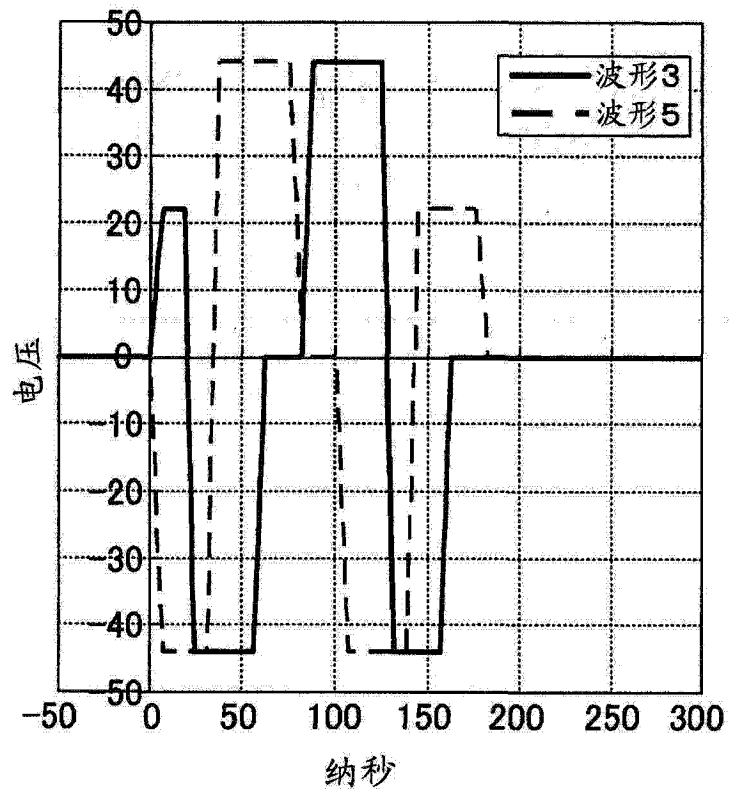


图 25A

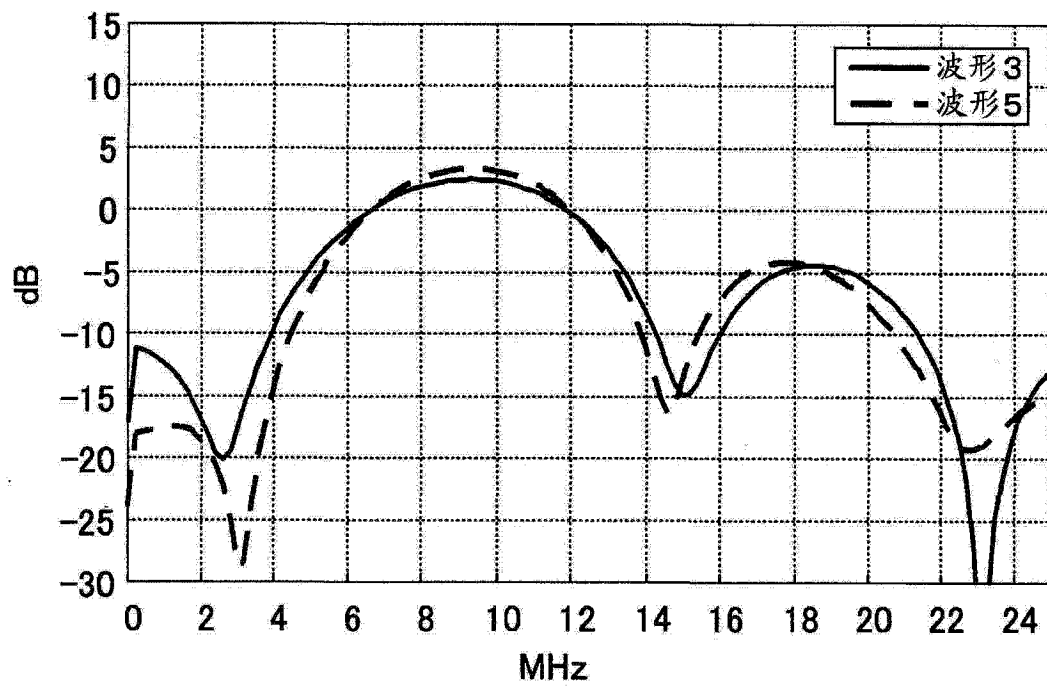


图 25B

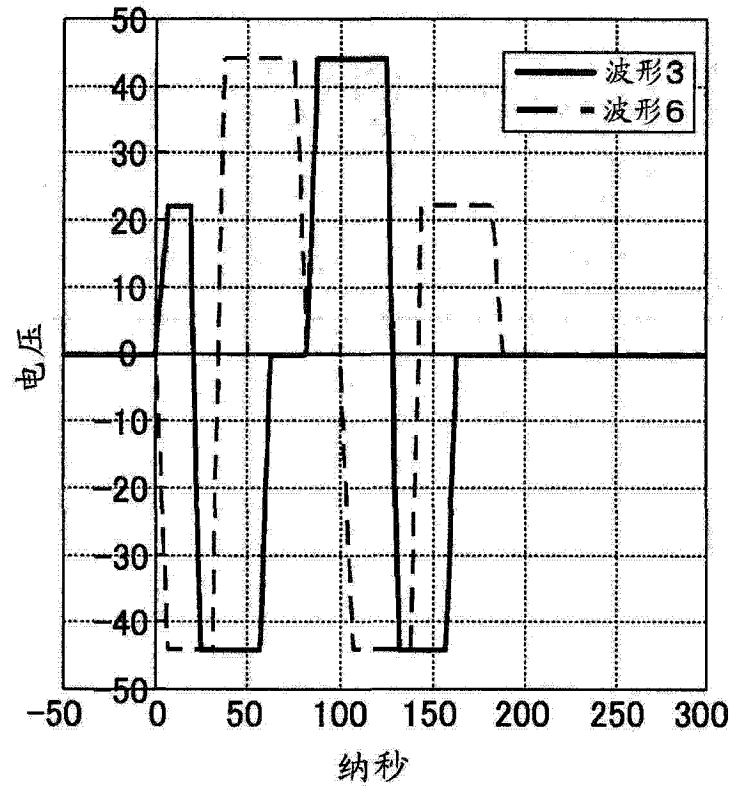


图 26A

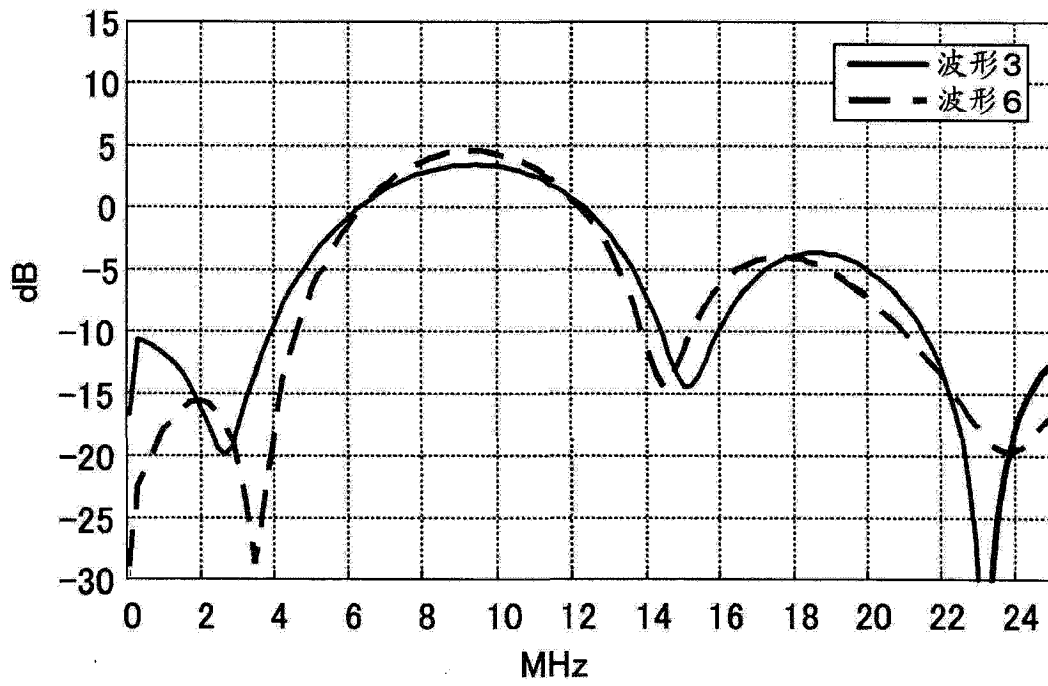


图 26B

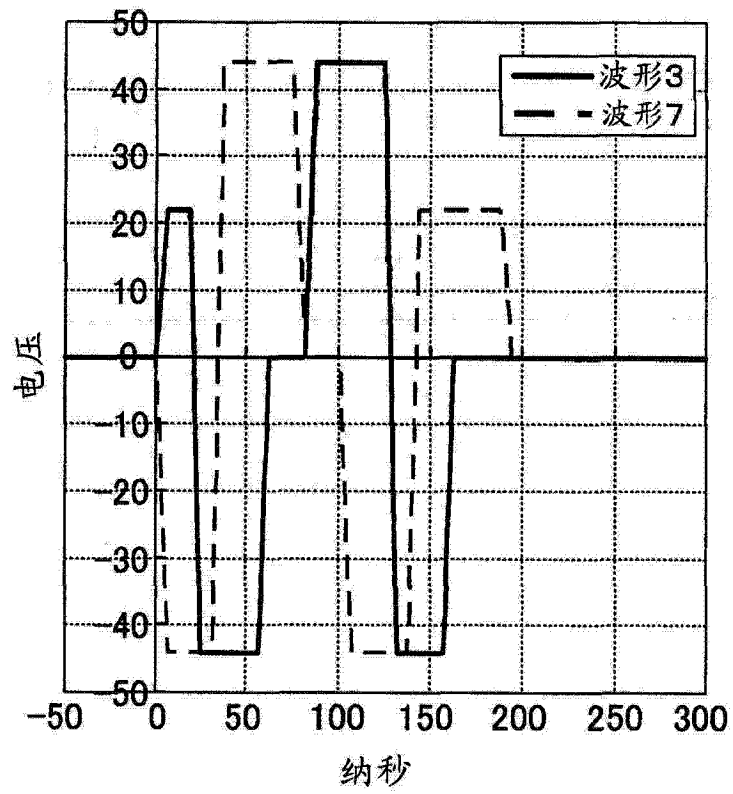


图 27A

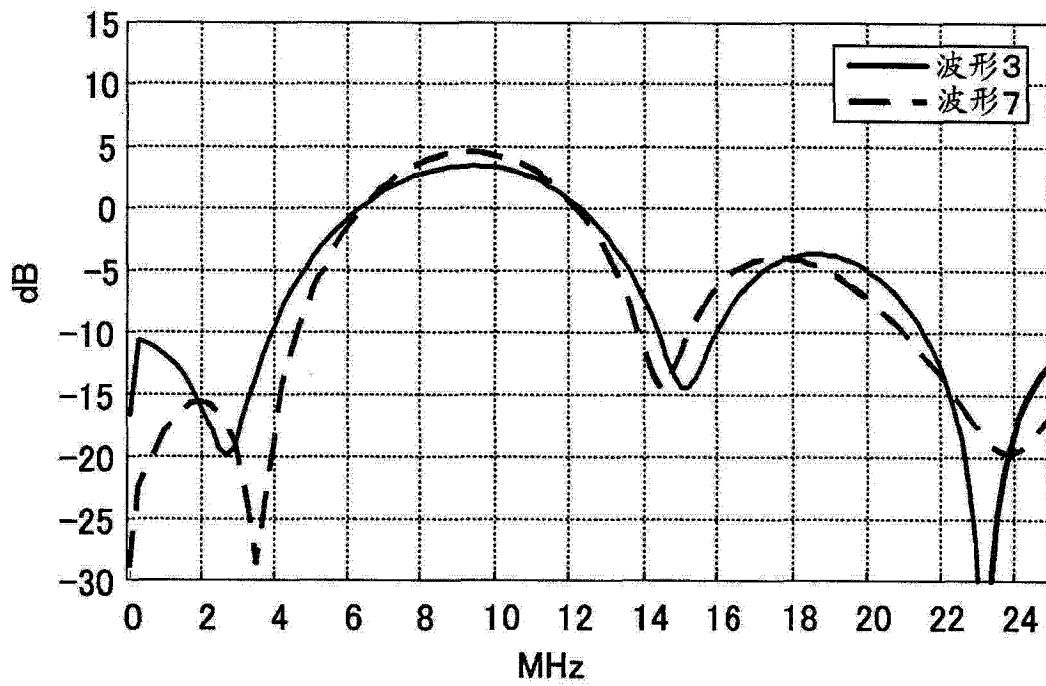


图 27B

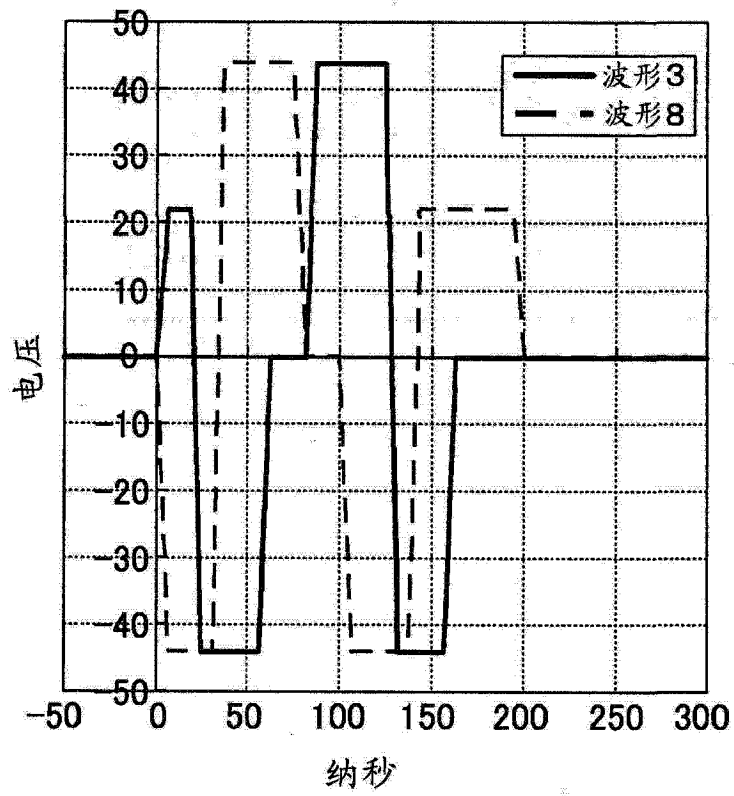


图 28A

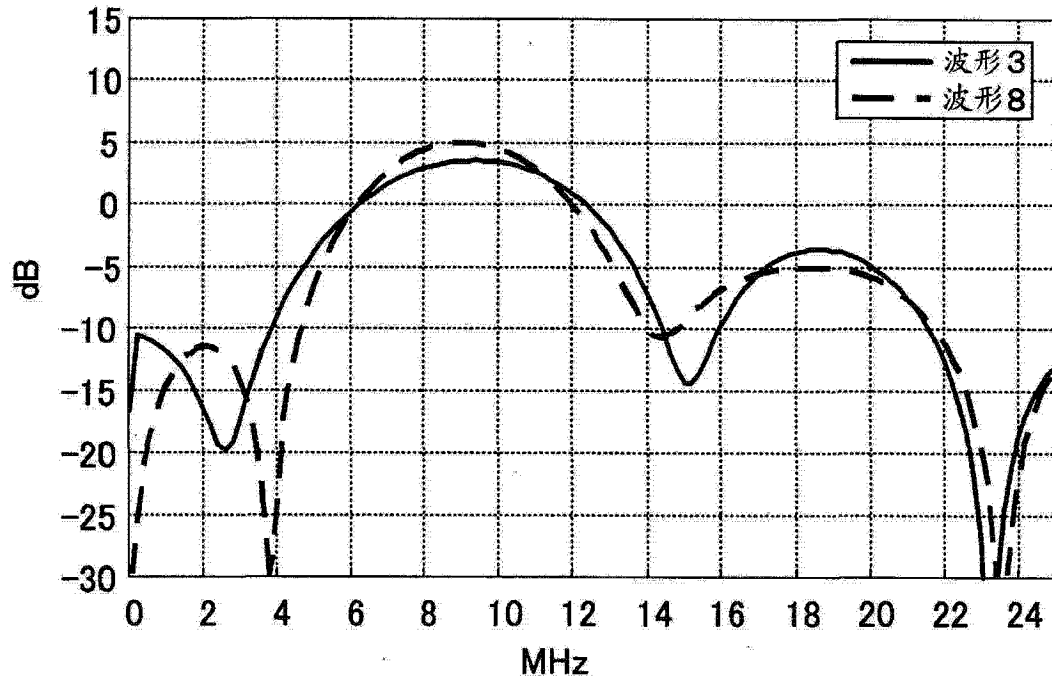


图 28B

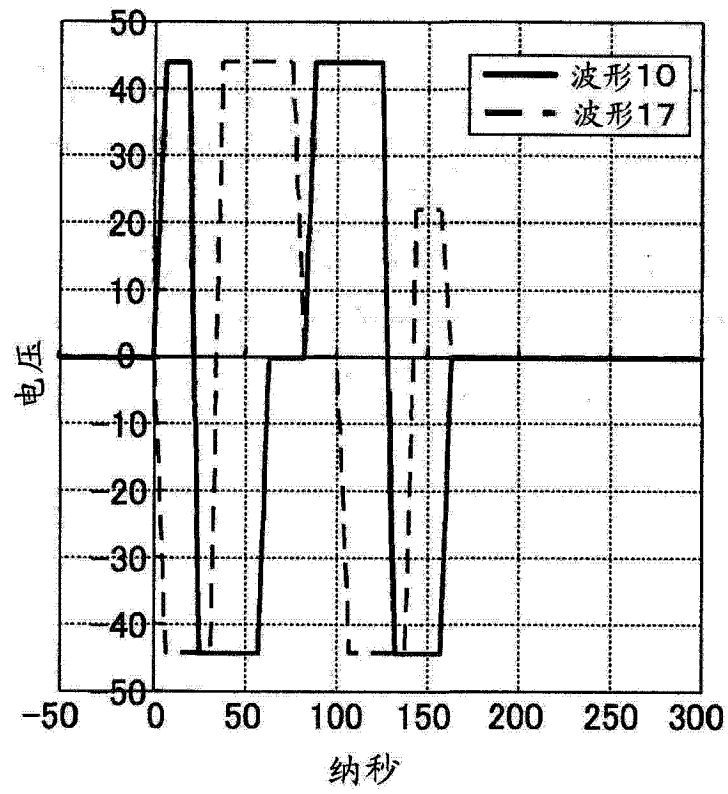


图 29A

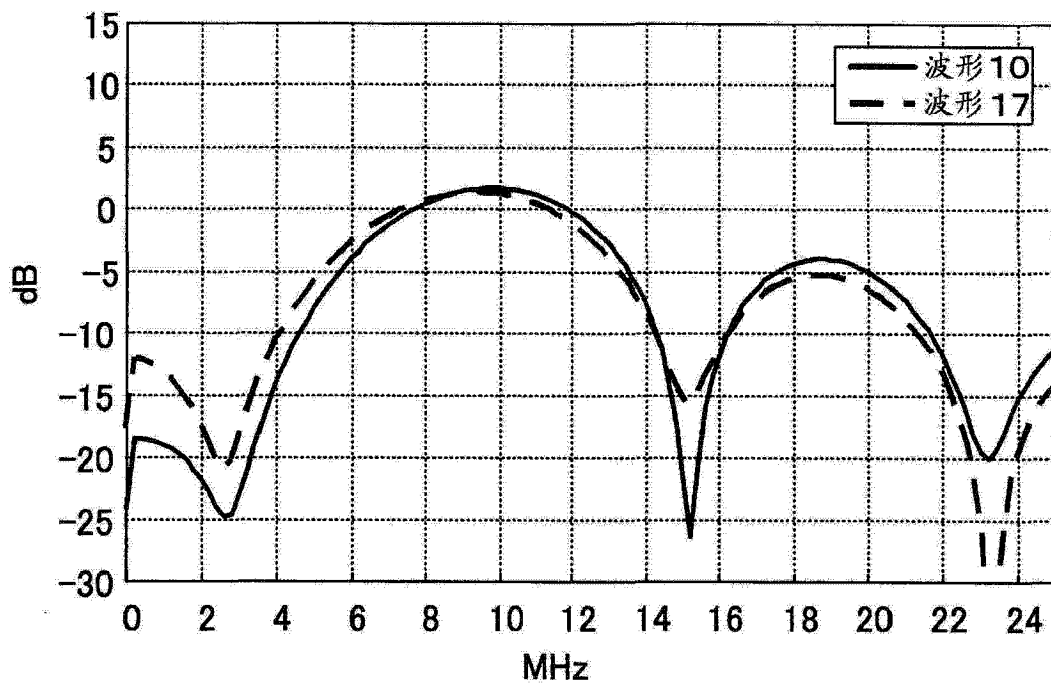


图 29B

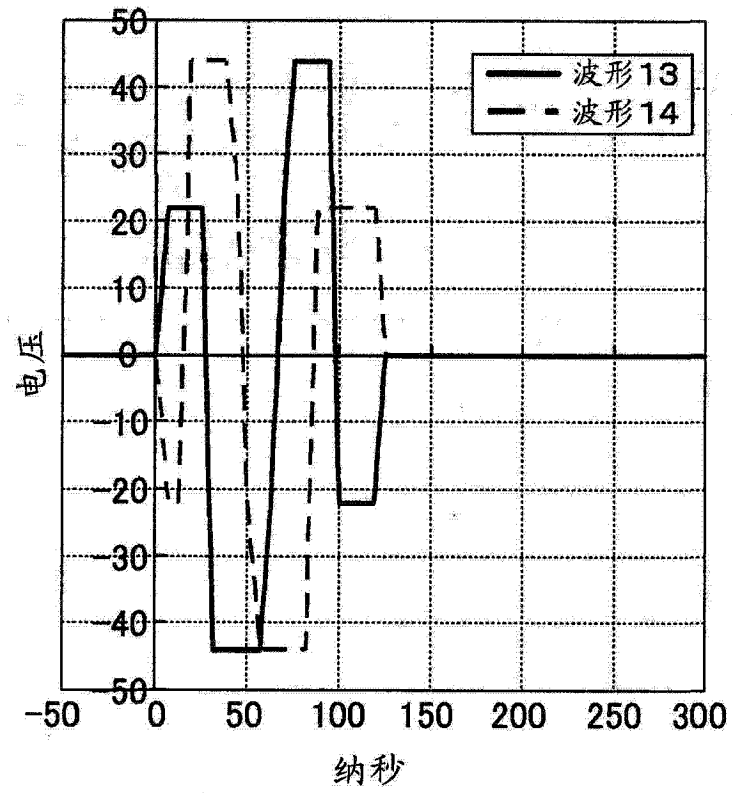


图 30A

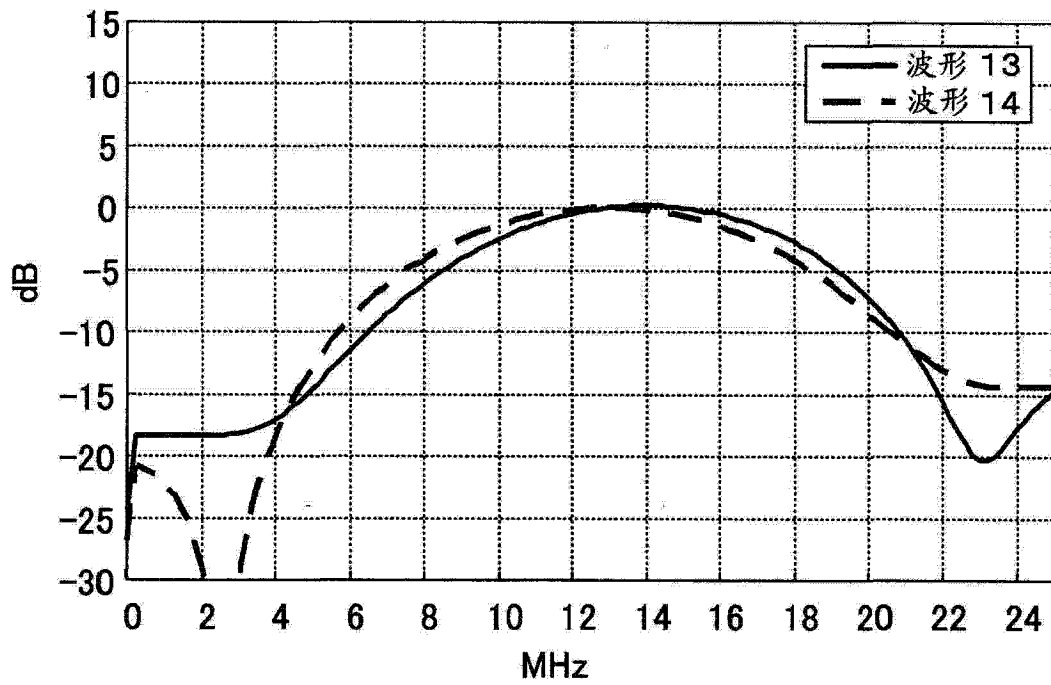


图 30B

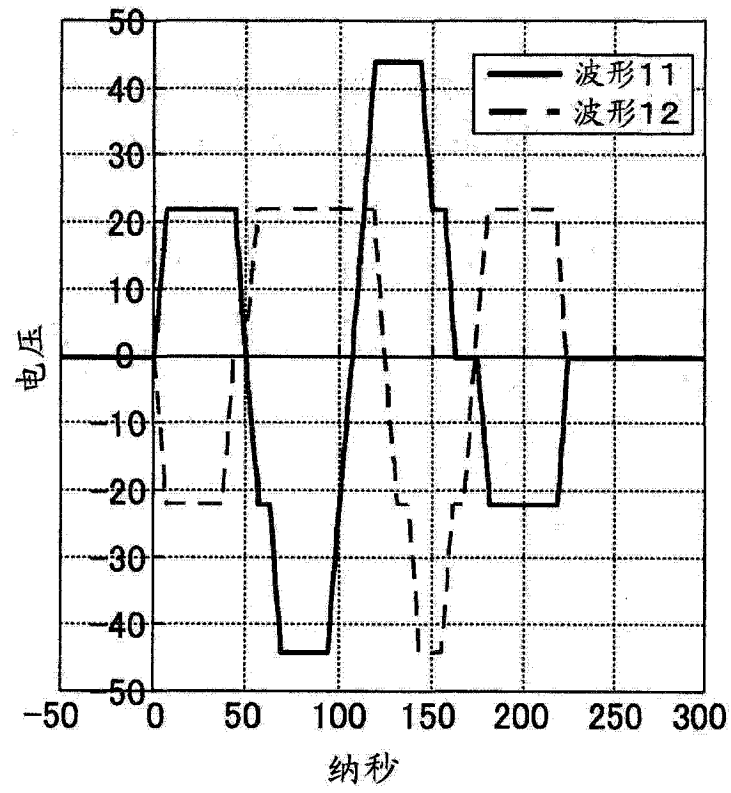


图 31A

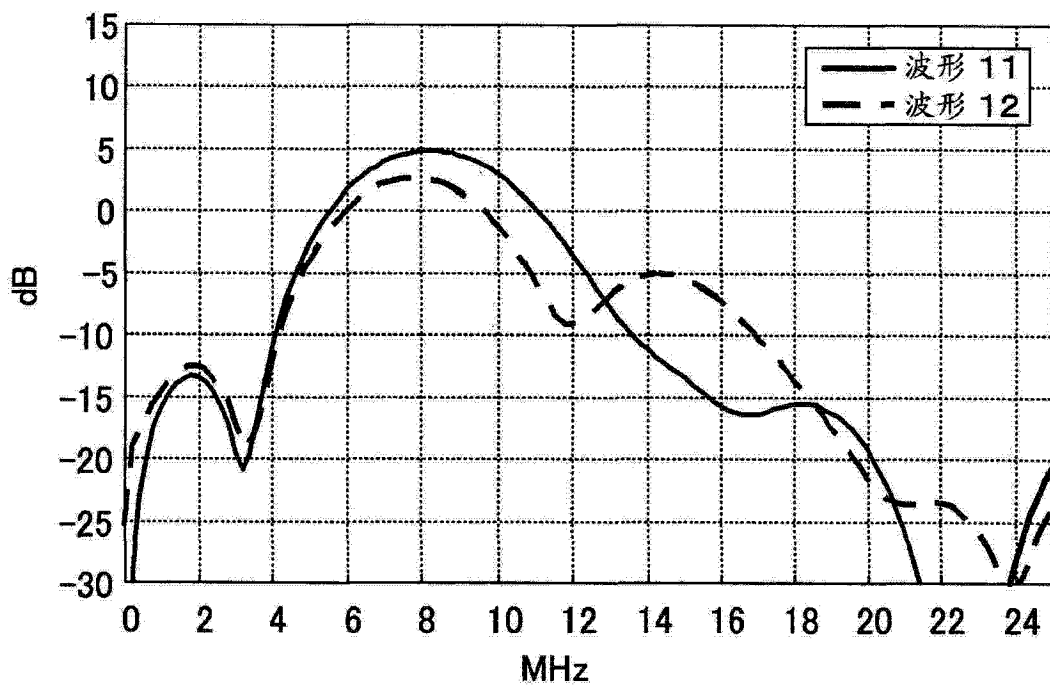


图 31B

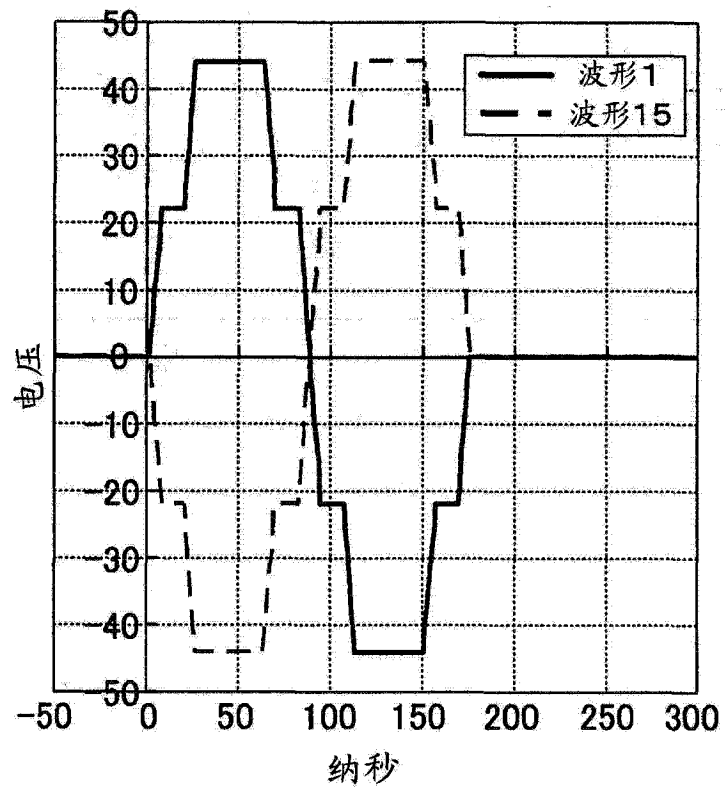


图 32A

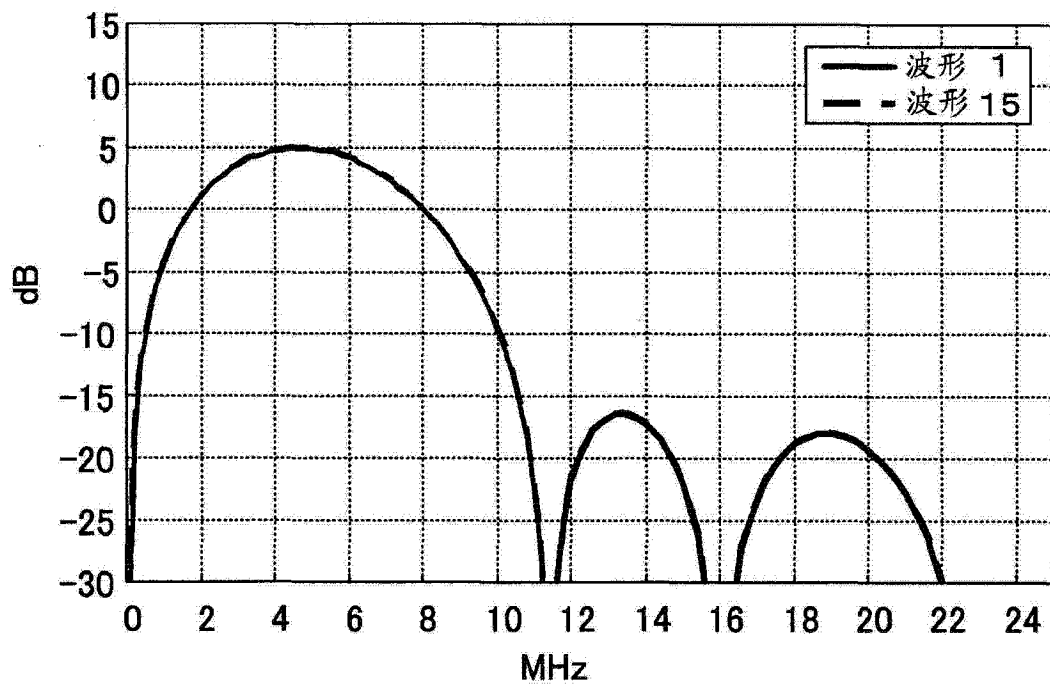


图 32B

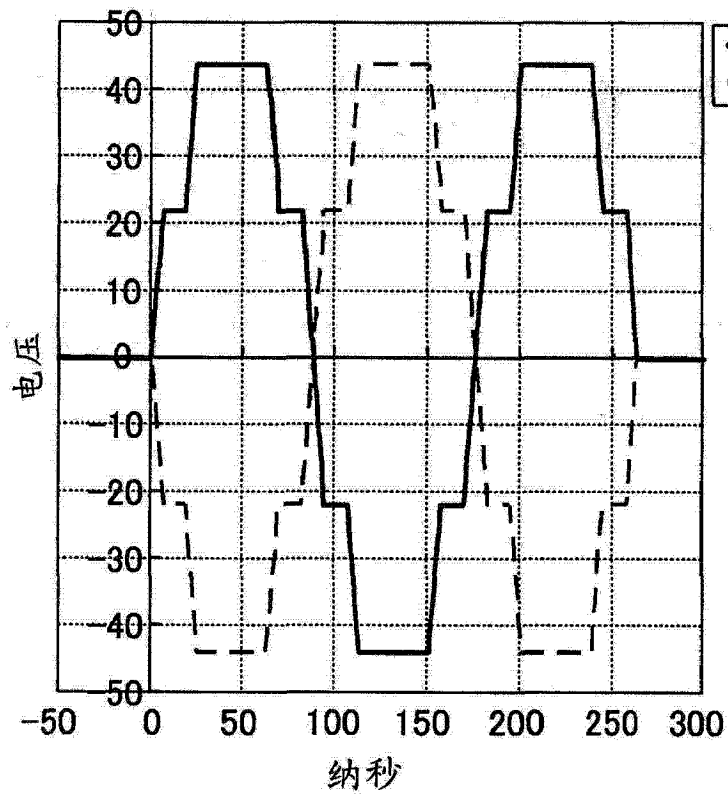


图 33A

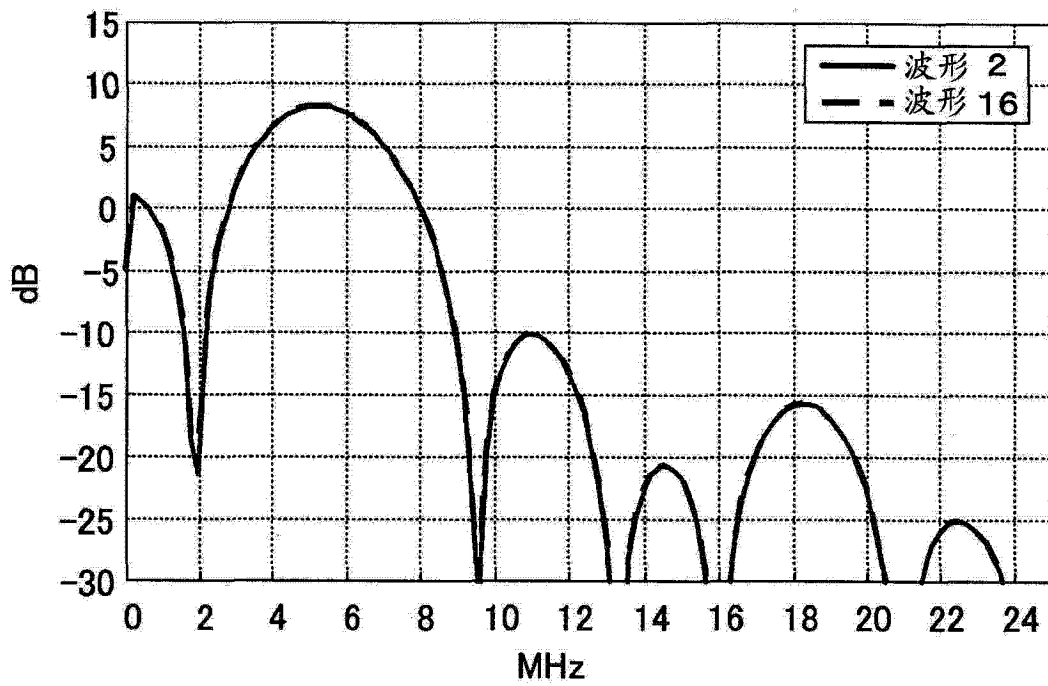


图 33B

专利名称(译)	超声波图像诊断装置		
公开(公告)号	CN104055535A	公开(公告)日	2014-09-24
申请号	CN201410100423.0	申请日	2014-03-18
[标]申请(专利权)人(译)	柯尼卡株式会社		
申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	柯尼卡美能达株式会社		
[标]发明人	谷口哲哉		
发明人	谷口哲哉		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/52038 G01S7/5202 B06B1/0292 A61B8/14 G01S15/8963 B06B1/0215 B06B2201/76		
优先权	2013055837 2013-03-19 JP		
其他公开文献	CN104055535B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提供一种超声波图像诊断装置，具备：超声波探头，通过脉冲信号的输入而向被检体输出发送超声波，并且通过接收来自被检体的反射超声波而输出接收信号；以及发送部，通过输出驱动波形为矩形波的脉冲信号而使所述超声波探头生成所述发送超声波，其中，所述发送部在同一扫描线上隔着时间间隔而多次输出驱动波形分别非对称的脉冲信号，所述超声波图像诊断装置具备图像处理部，该图像处理部合成从根据所述多次的脉冲信号而生成的所述发送超声波的所述反射超声波得到的各接收信号，并根据合成了的脉冲信号而生成超声波图像数据。

