(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103327903 A
(43)申请公布日 2013.09.25

(21)申请号 201280006196.4
(22)申请日 2012.01.20
(30)优先权数据
2011-094418 2011.04.20 JP
(85)PCT申请进入国家阶段日
2013.07.23
(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2012/051259 2012.01.20
(87)PCT申请的公布数据
WO2012/144243 JA 2012.10.26
(71)申请人 株式会社日立医疗器械
地址 日本东京都
(72)发明人 石原千鹤枝 桥场邦夫 田中宏树
佐光晓史 竹中智子
(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 齐秀凤
(51)Int.Cl.
*A61B 8/00*(2006.01)

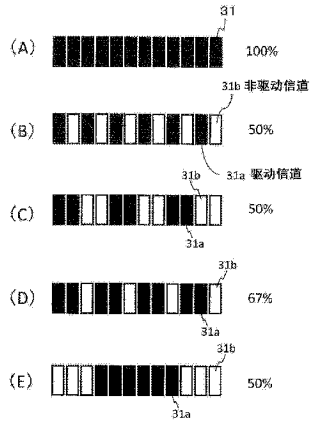
权利要求书3页 说明书20页 附图17页

(54)发明名称

超声波摄像装置

(57)摘要

即使在利用了非线性性高的电声变换元件的情况下，也能进行提取了更多的非线性分量后的非线性成像。使得从发送部对摄像对象的相同位置发送两次超声波波束，并使信号处理部对每两次发送所获得的接收信号进行运算，且使得提取出接收信号中所含的非线性分量。两次发送之中，其中一次由发送部向多个电声变换元件的全部传递发送信号进行驱动，另外一次选择性地仅对多个电声变换元件之中的一部分传递发送信号进行驱动。




CN 103327903 A

1. 一种超声波摄像装置，其特征在于，具有：

发送部，其对多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，并使超声波波束向摄像对象的规定位置进行发送；

接收部，其通过所述多个电声变换元件接收来自所述摄像对象的所述超声波波束的回声来获得接收信号；

信号处理部，其对所述接收信号进行运算处理，来生成图像；

控制部，其对所述发送部和所述信号处理部进行控制，

所述控制部使得从所述发送部对所述摄像对象的相同位置发送两次所述超声波波束，并使所述信号处理部对每该两次发送所获得的所述接收信号进行运算，提取所述接收信号中所含的非线性分量，

所述两次发送之中，一次的发送从所述发送部对所述多个电声变换元件之中的成为规定面积的电声变换元件的全部传递所述发送信号进行驱动，另外一次的发送选择性地仅对成为所述规定面积的电声变换元件之中的一部分的电声变换元件传递所述发送信号进行驱动。

2. 根据权利要求 1 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

在所述另外一次的发送中的对所述一部分的电声变换元件所传递的发送信号的波形与在所述一次的发送中的对该电声变换元件所传递的发送信号的波形相同。

3. 根据权利要求 1 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述接收部通过相同的电声变换元件接收所述两次发送的所述超声波波束各自的回声，来获得所述接收信号。

4. 根据权利要求 1 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述多个电声变换元件是被分割为多个信道的构成，

所述另外一次的发送中，以所述信道为单位来选择被传递所述发送信号进行驱动的所述电声变换元件。

5. 根据权利要求 1 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述控制部根据基于摄像参数而预先确定的、所述另外一次的发送中进行驱动的电声变换元件的图案，来选择被传递所述发送信号的电声变换元件。

6. 根据权利要求 5 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述控制部根据所述摄像参数来选择用于使光栅波瓣为最小的图案。

7. 根据权利要求 6 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述控制部基于所述摄像参数来设定为了使光栅波瓣为最小而在规定的频域取出所述接收信号的滤波处理。

8. 根据权利要求 5 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述超声波摄像装置还具备用于由操作者受理摄像参数的输入的用户界面，

所述控制部基于用户界面受理的摄像参数来选择所述图案。

9. 根据权利要求 1 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述多个电声变换元件被分割为多个信道，

并且所述信道是进一步被分割为多个子信道的构造，

在所述另外一次的发送中，按每一所述信道，从所述多个子信道中选择 1 个以上的子

信道，对该子信道内的所述电声变换元件传递所述发送信号进行驱动。

10. 根据权利要求 1 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述多个电声变换元件是静电电容型的电声变换元件，

对所述电声变换元件施加直流偏置电压和从所述发送部作为所述发送信号而供给的交流电压信号，

所述控制部在所述另外一次的发送中，针对选择性地仅向成为所述规定面积的电声变换元件之中的一部分传递所述发送信号的电声变换元件，供给所述直流偏置电压，针对该一部分以外的电声变换元件不供给所述直流偏置电压。

11. 根据权利要求 4 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述信道在规定的长轴方向和短轴方向的二维方向上进行排列，

在沿着所述长轴的各列而被驱动的信道在列彼此间被配置在互斥位置。

12. 根据权利要求 4 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述信号处理部进行以规定的频带来取出接收信号的滤波处理，

在将所驱动的多个信道的间隔设为 d、且将摄像对象内的声速设为 c 时，所述规定的频带是 c/d 以下的频带。

13. 根据权利要求 4 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述另外一次的发送中，所述控制部使相邻的信道相连续地传递所述发送信号。

14. 一种超声波摄像装置，其特征在于，具有 ：

发送部，其对排列于规定的超声波发送接收面的多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，使超声波波束向摄像对象的规定位置进行发送 ；

接收部，其通过所述多个电声变换元件接收来自所述摄像对象的所述超声波波束的回声来获得接收信号 ；

信号处理部，其对所述接收信号进行运算处理来生成图像 ；和

控制部，其对所述发送部和所述信号处理部进行控制，

所述控制部使得从所述发送部对所述摄像对象的相同位置发送两次以上振幅不同的所述超声波波束，并使所述信号处理部对每该两次以上的发送而获得的所述接收信号进行运算，提取所述接收信号中所含的非线性分量，

所述两次以上的发送中，包含使所述超声波发送接收面的全部的电声变换元件被驱动的发送和仅使所述超声波发送接收面之中一部分区域的所述电声变换元件被驱动的发送。

15. 一种超声波摄像装置，其特征在于，具有 ：

发送部，其对多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，并使超声波波束向摄像对象的规定位置进行发送 ；

接收部，其通过所述多个电声变换元件接收来自所述摄像对象的所述超声波波束的回声来获得接收信号 ；

信号处理部，其对所述接收信号进行运算处理来生成图像 ；

控制部，其对所述发送部和所述信号处理部进行控制，

所述控制部使得从所述发送部对所述摄像对象的相同位置发送三次以上的所述超声波波束，并使所述信号处理部对每该三次以上的发送所获得的所述接收信号进行运算，提取所述接收信号中所含的非线性分量，

所述三次以上的发送之中，一次的发送从所述发送部对所述多个电声变换元件之中的成为规定面积的电声变换元件的全部传递所述发送信号进行驱动，余下的两次以上的发送仅选择性地对成为所述规定面积的电声变换元件之中的一部分传递所述发送信号进行驱动，

所述余下的两次以上的发送中所选择的所述一部分的电声变换元件是从成为所述规定面积的多个电声变换元件中在各发送间互斥地选择的。

16. 根据权利要求 15 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述信号处理部通过从所述一次的发送中所获得的接收信号中减去所述余下的两次以上的发送中所获得的全部的接收信号，来提取所述接收信号中所含的非线性分量。

17. 根据权利要求 15 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

通过所述余下的两次以上的发送，成为所述规定面积的多个电声变换元件的全部将各被驱动一次。

18. 根据权利要求 15 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

按所述余下的两次以上的发送的每一发送，所述控制部选择被传递所述发送信号进行驱动的所述电声变换元件，使得被传递所述发送信号进行驱动的所述电声变换元件的面积分别固定。

19. 根据权利要求 15 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述多个电声变换元件是被分割为多个信道的构成，

所述余下的两次以上的发送中，被传递所述发送信号进行驱动的所述电声变换元件是以所述信道为单位进行选择的。

20. 根据权利要求 15 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述多个电声变换元件被分割为多个信道，

所述信道是进一步被分割为多个子信道的构造，

所述余下的两次以上的发送中，被传递所述发送信号进行驱动的所述电声变换元件是以所述子信道为单位进行选择的。

21. 根据权利要求 19 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述控制部，在所述余下的两次以上的发送中，至少按每 1 信道交替地选择被传递发送信号进行驱动的信道和未被传递所述发送信号的信道。

22. 根据权利要求 20 所述的超声波摄像装置，其特征在于，

所述余下的两次以上的发送中，针对每个所述信道，从所述多个子信道中至少按每 1 子信道来交替地选择被传递发送信号进行驱动的子信道和未被传递所述发送信号的子信道。

# 超声波摄像装置

## 技术领域

[0001] 本发明涉及超声波摄像装置中的谐波成像。

## 背景技术

[0002] 利用了超声波的摄像技术是指，将电信号通过电声变换元件（换能器：transducer）而变换为超声波，对物体照射该超声波，再次通过电声变换元件来接收物体所反射的反射波（回声）并变换为电信号，并将基于该信号所生成的图像数据、时间序列数据显示在监视器上。超声波在物体中行进时，在声阻抗不同的边界，其一部分被反射，为了制作依存于阻抗差的强度的回声信号，能够将该边界面作为物体的断层像进行显示。这样的摄像技术作为构造物的非破坏检测、以及以低侵入拍摄生物体的断层像的诊断装置等而被广泛利用。

[0003] 随着所照射的超声波在物体中的传播，产生声波波形的变形。这是由于所发送的声波波形的声压高的部分较快地行进而低的部分较慢地行进的基于声音非线性性的现象。声波传播得越长，该现象越被累加，波形的变形则越变强。

[0004] 超声波诊断装置已具备利用了该声音非线性性的高像质的摄像法。在对生物体内照射超声波时，在进行传播的过程中产生波形变形，除照射声波的基本频率分量外，生成由高次谐波构成的非线性分量。该非线性分量与基波声压的振幅的大致 2 次方成正比地生成，因此，与基于基波的通常摄像法相比，能够更强调像的明暗差地进行图像化，能够获得分辨率高的图像。将对这样的生物体组织的非线性分量进行摄像的成像称为 THI(Tissue harmonic imaging：组织谐波成像）。

[0005] 基于 THI 的摄像法中，与基波分量的反射回声强度相比，基于所发生的非线性分量的反射回声强度较小。由此，为了仅以非线性分量来进行成像，需要从基波分量中分离出非线性分量，来提取非线性分量。以往，作为提取非线性分量的手法，已知有利用滤波器来分离非线性分量的手法（例如，专利文献 1）、PI(Pulse inversion：脉冲反向）法（例如，专利文献 2）、以及振幅调制法（例如，专利文献 3）。以下，对这些的手法简单进行说明。

[0006] 首先，对利用滤波器来分离非线性分量的手法进行简单说明。在发送中心频率 $f_0$ 的超声波的情况下，在从生物体所获得的回声信号中混有与发送频率相同而在中心频率 $f_0$ 周围所生成的基波分量（线性分量）、以及因声音非线性性而在频率 $2f_0$ 周围生成的第 2 高次谐波分量（非线性分量）等。由于非线性分量在比线性分量高的高频区域进行生成，通过对高频域设置滤波器，能够提取出非线性分量。

[0007] PI(Pulse inversion) 法是，对生物体的相同部位发送声压波形的正负相互反转的 2 个超声波脉冲，再将这些反射回声相加的手法。基波分量由于线性地动作，所以在发送了相互反转的发送波脉冲的情况下，反射回声的基波分量也相互反转，通过相加而被抵消。另一方面，非线性分量（第 2 高次谐波分量）由于声压的正负而形成不同的变形，即使发送已反转的发送脉冲，也不会成为反转的波形，即使相互相加也不能抵消。因此，通过将反转发送脉冲的反射回声进行相加，成为仅留下非线性分量。

[0008] 振幅调制法，如专利文献 3 所记载的那样与 PI 法相同地，进行两次超声波的发送，第 2 发送脉冲并不是使声压波形反转，而是使声压电平（振幅）较第 1 发送脉冲而言降低。例如，假设使振幅减半。非线性分量（第 2 高次谐波分量）由于与基波分量的声压的 2 次方成正比地生成，因此，第 2 发送的回声信号中的非线性分量相对于第 1 发送的回声信号而成为 1/4 的声压。因此，通过从第 1 发送的回声信号中减去第 2 发送的回声信号的 2 倍，则成为基波分量被抵消，仅非线性分量留下的情形。

[0009] 在先技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献 1 :美国专利第 5678553 号

[0012] 专利文献 2 :美国专利第 6095980 号

[0013] 专利文献 3 :美国专利第 5577505 号

[0014] 发明的概要

[0015] 发明所要解决的课题

[0016] 在利用了上述的滤波器来分离非线性分量的手法中，当存在有线性分量的频率空间的区域和非线性分量的频率空间的区域发生重叠的区域（混在区域）的情况下，为了完全地取出非线性分量，必须在比混在区域充分高的频率侧设置滤波器的频带，因此，难以获得充分的信号强度。因此，存在难以确保必要的 S/N 这样的问题。

[0017] 另外，PI 法中，为了抵消回声信号中的线性分量而需形成相互完全反转的 2 个发送脉冲，通常该发送脉冲的波形形成是通过使向电声变换元件输入的输入电压信号波形进行反转来进行的。但是，在电声变换元件有非线性性的情况下，即使输入了反转的输入信号，也难以形成完全反转的发送脉冲。另外，在发送电路内配置有用于使电压放大的元件，但这些的元件不少存在非线性性。因此，由于电声变换元件的非线性性、发送电路的非线性性，不能形成完全反转的发送脉冲，故而不能完全抵消回声信号中的线性分量。由此，基于 PI 法的非线性分量的提取变得困难。

## 发明内容

[0018] 本发明的目的在于 :即使在利用了非线性性高的电声变换元件的情况下也能使提取出更多非线性分量的 THI 成为可能。

[0019] 解决课题的手段

[0020] 为了解决上述课题，本发明的第 1 形态通过以下那样的超声波摄像装置。即，该超声波摄像装置超声波摄像装置，其特征在于，具有 :发送部，其对多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，并使超声波波束向摄像对象的规定位置进行发送 ;接收部，其通过多个电声变换元件接收来自摄像对象的超声波波束的回声来获得接收信号 ;信号处理部，其对接收信号进行运算处理，来生成图像 ;控制部，其对发送部和信号处理部进行控制。控制部使得从发送部对摄像对象的相同位置发送两次超声波波束，并使信号处理部对每该两次发送所获得的接收信号进行运算，提取接收信号中所含的非线性分量。两次发送之中，一次的发送从发送部对多个电声变换元件之中的成为规定面积的电声变换元件的全部传递发送信号进行驱动，另外一次的发送选择性地仅对成为规定面积的电声变换元件之中的一部分的电声变换元件传递发送信号进行驱动。

[0021] 发明效果

[0022] 根据本发明，使去除了因电声变换元件、发送电路等所有的设备引起的非线性性的 THI 成为可能。

## 附图说明

[0023] 图 1 是表示本发明的第 1 实施方式的超声波摄像装置的整体构成的框图。

[0024] 图 2 是图 1 的装置的发送波束形成器的框图。

[0025] 图 3 的 (A) ～ (E) 是表示第 1 实施方式的进行摄像的情况下的驱动信道图案的例子的说明图。

[0026] 图 4 是表示第 1 实施方式的摄像动作流程的流程图。

[0027] 图 5 的 (A) 以及 (B) 是表示在第 2 实施方式中改变了驱动信道图案的情况下的超声波波束的线性分量的声压分布的图表。

[0028] 图 6 是表示第 2 实施方式中按照每一摄像参数，能够抑制光栅波瓣的驱动信道图案的表。

[0029] 图 7 是表示第 2 实施方式的摄像动作流程的流程图。

[0030] 图 8 是表示在第 2 实施方式中，使驱动面积发生变化地使发送开口部内的所有信道进行驱动的情况下和使一部分进行驱动的情况下的最大声压差的图表。

[0031] 图 9 的 (A) 是表示在第 3 实施方式的信道内设置子信道的构造的说明图，(B) 是表示驱动子信道图案的说明图。

[0032] 图 10 是表示第 3 实施方式的以子信道为单位进行了驱动的情况下的超声波波束的线性分量的声压分布的图表。

[0033] 图 11 的 (A) 以及 (B) 是表示用于实现第 3 实施方式的子信道的构造的框图。

[0034] 图 12 是表示用于第 3 实施方式的以 CMUT 来实现子信道的构造的框图。

[0035] 图 13 的 (A) ～ (E) 是表示第 4 实施方式的在二维地排列信道的情况下的驱动信道图案的说明图。

[0036] 图 14 是表示第 5 实施方式的滤波器的频带的说明图。

[0037] 图 15 是表示第 6 实施方式的摄像动作的流程的流程图。

[0038] 图 16 的 (A) ～ (F) 是表示第 6 实施方式的驱动信道图案的说明图。

[0039] 图 17 的 (A) ～ (D) 是表示第 6 实施方式的驱动信道图案的说明图。

[0040] 图 18 是表示作为现有的 THI 法而利用的 PI 法的说明图。

[0041] 图 19 是表示作为现有的 THI 法而利用的振幅调制法的说明图。

## 具体实施方式

[0042] 本发明中，作为第 1 形态，提供以下那样的超声波摄像装置。即，具有 ：发送部，其使多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，并使超声波波束向摄像对象的规定位置进行发送 ；接收部，其通过多个电声变换元件接收来自摄像对象的所述超声波波束的回声来获得接收信号 ；信号处理部，其对接收信号进行运算处理来生成图像 ；和控制部，其对发送部和所述信号处理部进行控制。控制部使得对摄像对象的相同位置，从发送部发送两次超声波波束，使信号处理部对每两次发送所获得的接收信号进行相减等的运算，提取出接收信

号中所含的非线性分量。两次发送之中，一次的发送对多个电声变换元件之中成为规定面积的电声变换元件的全部从发送部传递发送信号进行驱动，另外一次的发送仅选择性地对成为规定面积的电声变换元件之中的一部分传递发送信号进行驱动。

[0043] 优选地，在上述的另外一次的发送中的对所述一部分的电声变换元件所传递的发送信号的波形与在一次的发送中的对该电声变换元件所传递的发送信号的波形相同。

[0044] 接收部例如是通过相同的电声变换元件来接收两次发送的超声波波束的各回声来获得接收信号的构成。

[0045] 上述的多个电声变换元件例如是被分割为多个信道的构成，上述另外一次的发送中，以信道为单位来选择被传递给发送信号进行驱动的电声变换元件。

[0046] 另外，上述信道还可设为分割为多个子信道的构造，在该情况下，另外一次的发送中，能够按照信道的每一个，从多个子信道中选择 1 个以上的子信道，对子信道内的电声变换元件传递发送信号进行驱动。

[0047] 上述控制部例如构成为：根据基于摄像参数而预先确定的图案，来选择在另外一次的发送中进行驱动的电声变换元件，并对电声变换元件传递发送信号进行驱动。具体而言，控制部能够设为基于用户界面从操作者处受理的摄像参数而来选择图案这样的构成。

[0048] 另外，控制部优选基于所述摄像参数来设定为了使光栅波瓣为最小而在规定的频域而取出所述接收信号的滤波处理。另外，控制部能够构成为：为了使光栅波瓣为最小，基于摄像参数来设定在规定的频域取出接收信号的滤波处理。

[0049] 上述的多个电声变换元件被分割为多个信道，并且信道是被分割为多个子信道的构造。在该情况下，在上述另外一次的发送中，按每一信道，从多个子信道中选择 1 个以上的子信道，对该子信道内的电声变换元件传递发送信号而进行驱动。

[0050] 上述信道优选在规定的长轴方向和短轴方向的二维方向上进行排列，在沿着长轴的各列而被驱动的信道在列彼此间被配置在互斥位置。

[0051] 还能够设为信号处理部进行以规定的频带取出接收信号的滤波处理的构成。在将驱动的多个信道的间隔设为 d、且将摄像对象内的声速设为 c 时，上述规定的频带设定为 c/d 以下的频带。

[0052] 上述的另外一次的发送中，控制部还可使相邻的信道相连续地传递所述发送信号。

[0053] 多个电声变换元件也可利用静电电容型的电声变换元件。在该情况下，对电声变换元件施加直流偏置电压和从发送部作为发送信号而供给的交流电压信号，控制部在另外一次的发送中，针对选择性地被传递给所述发送信号的电声变换元件，供给直流偏置电压，针对该一部分以外的电声变换元件不供给直流偏置电压。

[0054] 另外，本发明中，作为第 2 形态，提供以下那样的超声波摄像装置。超声波摄像装置具有：发送部，其对排列于规定的超声波发送接收面的多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，使超声波波束向摄像对象的规定位置进行发送；接收部，其通过多个电声变换元件接收来自摄像对象的超声波波束的回声来获得接收信号；信号处理部，其对接收信号进行运算处理来生成图像；和控制部，其对发送部和信号处理部进行控制。控制部使得从发送部对摄像对象的相同位置发送两次以上振幅不同的超声波波束，并使信号处理部对该每两次以上的发送而获得的接收信号进行运算，提取出接收信号中所含的非线性分量。上述两

次以上的发送中，包含使超声波发送接收面的全部的电声变换元件被驱动的发送和仅使超声波发送接收面之中一部分区域的电声变换元件被驱动的发送。

[0055] 另外，根据本发明的第 3 形态，提供以下那样的超声波摄像装置。即，超声波摄像装置具有 ：发送部，其对多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，并使超声波波束向摄像对象的规定位置进行发送 ；接收部，其通过多个电声变换元件接收来自摄像对象的超声波波束的回声来获得接收信号 ；信号处理部，其对接收信号进行运算处理来生成图像 ；控制部，其对发送部和信号处理部进行控制。该控制部使得从发送部对摄像对象的相同位置发送三次以上的超声波波束，并使信号处理部对每该三次以上的发送所获得的接收信号进行运算，提取出接收信号中所含的非线性分量。三次以上的发送之中，一次的发送从发送部对多个电声变换元件之中的成为规定面积的电声变换元件的全部传递发送信号进行驱动，余下的两次以上的发送仅选择性地对成为规定面积的电声变换元件之中的一部分传递发送信号进行驱动。余下的两次以上的发送中所选择的所述一部分的电声变换元件是从成为规定面积的多个电声变换元件中，在各发送间互斥地选择的。

[0056] 上述信号处理部，例如，能够通过从一次的发送中所获得的接收信号中减去余下的两次以上的发送中所获得的全部的接收信号，来提取出接收信号中所含的非线性分量。

[0057] 优选通过上述余下的两次以上的发送，成为规定面积的多个电声变换元件的全部将各被驱动一次。

[0058] 能够按余下的两次以上的发送的每一发送，控制部选择被传递给发送信号进行驱动的电声变换元件，使得被传递给发送信号进行驱动的电声变换元件的面积分别固定。

[0059] 多个电声变换元件是能被分割为多个信道的构成。在该情况下，上述余下的两次以上的发送中，被传递给发送信号进行驱动的所述电声变换元件是以信道为单位进行选择的。例如，控制部能够设为在上述余下的两次以上的发送中，至少按照每 1 信道交替地选择被传递发送信号进行驱动的信道和未被传递发送信号的信道这样的构成。

[0060] 上述的信道还可设为被分割为多个子信道的构造。该情况下，上述余下的两次以上的发送中，被传递给发送信号进行驱动的电声变换元件是以子信道为单位进行选择的。例如，上述余下的两次以上的发送中，能够针对每一信道，从多个子信道中至少按每 1 子信道来交替地选择被传递发送信号进行驱动的子信道和未被传递发送信号的子信道。

[0061] 以下，关于本发明的一实施方式的超声波摄像装置进行说明。另外，以下的说明中，以医疗用的超声波诊断装置作为一例进行说明，本发明并不仅限于医疗用的装置，相对于利用了超声波的其他摄像 / 图像化装置也可适用。

[0062] < 第 1 实施方式 >

[0063] 利用图 1，对第 1 实施方式的超声波诊断装置的整体构成进行说明。图 1 是表示超声波诊断装置的概略构成的框图。如图 1 那样，本装置具备 ：超声波探针 100、发送接收切换部 101、发送波束形成器 104、接收波束形成器 105、控制部 106、信号处理部 107、图像处理部 108、用户界面 109 以及显示部 110。

[0064] 超声波探针 100 包含多个具有将电信号变换为声波且将声波变换为电信号的功能的电声变换元件 ( 振子 )，这些电声变换元件在探针 100 以规定的排列 1 维或者 2 维地排列，其构成超声波发送接收面。探针 100 具备适于使超声波发送接收面与摄像对象 102 接触来进行使用的外形。

[0065] 排列的多个电声变换元件被虚拟性或者物理性分割为预先确定的多个信道。各信道由 1 个以上的电声变换元件构成。

[0066] 发送波束形成器 104，如图 2 所示包含波形选择部 130、以及发送波形形成 / 发生部 131。波形选择部 130 从预先确定的范围之中选择出与用户界面 109 由用户所受理的参数（发送频率 / 波数 / 发送波焦点位置 / 振幅等）的值对应的每个波形种类 / 信道的延迟时间设定 / 振幅调制 / 加权等。发送波形形成 / 发生部 131 按照信道的每一个，以波形选择部 130 所选择的值来生成发送波形（发送信号），并传递给发送接收切换部 101。

[0067] 由此，在控制部 106 的控制下，按照每一信道，具有与发送波焦点相匹配的延迟时间的发送波信号将从发送波束形成器 104 输出，经由发送接收切换部 101 向构成超声波探针 100 的各信道的电声变换元件发送。

[0068] 各电声变换元件将发送信号变换为声波。从各电声变换元件发出声波（发送脉冲），由此，在用户所设定的焦点位置形成连接焦点的声场（超声波波束或者发送波束）。

[0069] 通过探针 100 的各电声变换元件接收来自摄像对象 120 的被反射的超声波波束（发送波束）的回声信号，并将其变换为电信号（接收信号）。各个电声变换元件的接收信号经由发送接收切换部 101，传递给接收波束形成器 105。接收波束形成器 105 中，对接收的回声信号赋予延迟，来形成接收波束。由接收波束所获得的信号传递到信号处理部 107。信号处理部 107 包含滤波器处理部 132、运算处理部 133 以及存储器 134。信号处理部 107 在控制部 106 的控制下，针对由接收波束所获得的信号进行放大处理、规定的滤波器处理、信号运算处理。放大处理，根据用户经由用户界面 109 所设定的 TGC(time gain compensation；时间增益补偿)、放大率等来进行。另外，如有必要，可将其临时容纳于存储器 134。来自信号处理部 107 的输出将传递给图像处理部 108，来构筑图像数据、时间序列数据。图像数据、时间序列数据向显示部 110 输出并进行显示。

[0070] 这些各部的一系列的动作由控制部 106 控制。由此，控制部 106 实现基于 THI(Tissue harmonic imaging；组织谐波成像）所进行的摄像方法。用户界面 109 用于从用户受理整个装置工作的指示、摄像方法选择、摄像中所需的参数等。

[0071] 超声波诊断装置的除了超声波探针 100 以外的其他构成也可作为主体装置，搭载于与超声波探针 100 不同的其他框体，也将其一部分配置在探针 100 的内部。

[0072] 对通过本实施方式的超声波诊断装置所实现的基于 THI 的摄像方法进行说明。

[0073] 以往作为 THI 而利用的 PI 法、振幅调制法中，进行两次发送，对各发送中所获得的回声信号进行运算，提取出非线性信号。图 18 示出了 PI 法的说明图。由第 1 发送的发送信号 1101 所获得的回声信号 1111 是以线性分量 1111a 和在生物体传播中生成的非线性分量 1111b 混在的状态进行接收。另一方面，第 2 发送的发送信号 1102 的波形相对于第 1 发送的发送信号 1101 的波形而反转了 180 度相位，所获得的回声信号 1112 所含的线性分量 1112a 也成为相对于 1111a 进行了反转的形状。但是，第 2 发送的回声信号 1112 所含的非线性分量 1112b 的相位并未反转，因此，通过对第 1 和第 2 回声信号进行相加运算时，成为运算后回声信号 1120，由于运算后回声信号 1120 的线性分量 1120a 的分量成为 0，能够仅获得非线性分量 1120b。

[0074] 另外在振幅调制法中，如图 19 所示，第 2 发送的发送信号 1202 的波形的振幅被调制成第 1 发送的发送信号 1201 的波形的振幅的 1/n(n ＞ 1)。第 2 发送中所获得的回声信

号 1212 相对于第 1 发送的回声信号 1211 而言，线性分量成为 1/n 的声压，非线性分量成为 $1/n^2$ 的声压。因此，通过进行从第 1 发送的回声信号 1211 中减去第 2 发送的回声信号 1212 的 n 倍等的运算，成为运算后回声信号 1220，基波分量 1220a 成为 0，因此，仅留下非线性分量 1220b。

[0075] 在 PI 法中，相对于第 1 发送脉冲，需要准确地使第 2 发送脉冲的相位反转 180 度，在振幅调制法中，需要准确地调制第 2 发送脉冲的振幅。即，需要形成第二次的发送脉冲的准确的波形。但是，在电声变换元件的非线性性、发送电路的非线性性较大的情况下，即使准确地使输入到电声变换元件的信号波形进行反转或者对振幅进行调制，也不能进行线性的对应，通过 2 个回声信号的运算也难以完全抵消回声信号中的线性分量。其结果，回声信号中混在由因电声变换元件的非线性性的影响所产生的信号，从而不能仅提取出因摄像对象 120 的生物体传播而生成的非线性分量。

[0076] 本实施方式中，通过改变超声波探针 100 的排列有电声变换元件的超声波发送接收面（开口部）的驱动面积（进行驱动的电声变换元件的数量），能够调节发送波束整体的声压（振幅），实现振幅调制法。即，在第二次的发送波束的发送时，较第一次的发送波束的发送时减小超声波发送接收面（开口部）的驱动面积，由此，减小发送波束的声压。这是由于所发送的声压与超声波发送接收面（开口部）内的驱动面积成正比的缘故。此时，在第一次以及第二次的发送时的两者，将所驱动的电声变换元件输入的发送信号的波形设为相同。由此，即使在电声变换元件存在非线性性，由于在第一次和第二次的发送波束的送出时，所供给的发送信号的波形为相同，所以，能够发送不受电声变换元件的非线性性影响的脉冲，且能够减小发送波束的声压。

[0077] 另外在本实施方式中，按照由多个电声变换元件构成的、与相同的信号线相连接且输入相同的发送信号的每一信道，选择第二次的发送波束的发送时进行驱动的信道（驱动信道）和不进行驱动的信道（非驱动信道）。在第二次的发送时，对驱动信道的电声变换元件输入与第一次的发送信号相同波形的发送信号。在第二次的发送时，对非驱动信道不输入发送信号（将信号电压设为 0）。由此，能够选择所希望的比例的信道，能够获得所希望的声压的发送波束。

[0078] 将发送时进行驱动的信道区域成为最大的情况下的、超声波发送接收面的区域整体称为“发送时的开口部”，将其长轴称为“发送口径”。图 3(A) ～ (E) 示出了发送时的开口部内的信道的排列的一例和第二次的发送时的驱动信道的选择例。在图 3(A) ～ (E) 所示的发送时的开口部，由 12 个信道构成的信道 31 在发送口径（长轴）方向呈一列地进行排列。发送时开口部的短轴方向的信道数为 1 个。各信道 31 由排列的多个电声变换元件构成。另外，图 3(A) ～ (E) 中，为了易于理解，在相邻的信道 31 间设有间隙，也有实际的超声波探针 100 在相邻的信道 31 间没有间隙这样的构成。

[0079] 图 3(A) 是第一次的发送波束的送出时的驱动信道，发送时的开口部内的全部的信道 31 被进行驱动。图 3(B) ～ (E) 是第二次的发送波束的送出时的驱动信道，图 3(B)、(C)、(E) 是将第一次的送出时的驱动信道数的一半设为驱动信道的选择例。图 3(B) 中，每间隔 1 信道地交替配置驱动信道 31a 和非驱动信道 31b，图 3(C) 中，每间隔 2 信道地交替配置驱动信道 31a 和非驱动信道 31b，图 3(E) 中，在发送时的开口部的中心附近连续地配置驱动信道 31a，在两边配置非驱动信道 31b。如图 3(B)、(C)、(E) 那样，即使驱动信道 31a

的选择方法或排列方法不同，只要驱动面积为发送时开口部的整体的一半，就能将第二次的发送波束的声压设为第一次的发送波束的一半。图 3(D) 是将第一次的送出时的驱动信道数的 2/3 设为驱动信道的例，按照每 3 信道配置一个非驱动信道。

[0080] 以下，利用图 4 的流程图，对以本实施方式的振幅调制法进行摄像的情况下的各部动作进行说明。控制部 106 通过读入并执行在内置的存储器中所预先容纳的程序，如图 4 的流程图的那样地对各部进行控制，执行摄像。

[0081] 首先，步骤 41 中，控制部 106 使显示部 110 显示用于对用户督促摄像方法的选择的画面，如用户经由用户界面 109 选择了摄像方法，则受理该摄像方法（步骤 41）。例如，作为摄像方法，能显示可选择本实施方式的振幅调制法、PI 法以及非 THI 的通常的摄像方法等，来受理用户的选择。

[0082] 在步骤 41 中用户选择的摄像方法为振幅调制法的情况下，控制部 106 前进至步骤 42，使显示部 110 显示用于受理摄像参数的画面，经由用户界面 109，从用户处受理摄像参数的输入。作为摄像参数，受理发送脉冲的频率、波数、焦点位置、振幅以及接收信号的处理时的 TGC、增益等。发送波束的振幅除受理第一次的发送波束的振幅外，也受理是否将第二次的发送波束的振幅设为第一次的振幅的 1/n 倍 ($n > 1$)。另外，这些摄像参数的全部并不必需由用户来选择，控制部 106 也能选择根据摄像方法而预先准备的参数。

[0083] 在步骤 41 中，用户选择的摄像方法不是振幅调制法的情况下，前进至执行该摄像方法的步骤（未图示）。

[0084] 若步骤 42 中受理了摄像参数，则前进至步骤 43，使显示部 110 显示出作为第二次的发送波束的发送时的超声波探针 100 的驱动信道图案而可选择的图案，经由用户界面 109 受理用户的选择。具体而言，在控制部 106 内置的存储器内，预先容纳图 3(B) ～ (E) 那样的多个种类的驱动信道图案，使显示部 110 显示步骤 42 中由用户受理的与第二次的发送波束的振幅的大小对应的 1 个以上的驱动信道图案。例如，在步骤 42 中输入了用户将第二次的发送波束的振幅设为第一次的发送波束的振幅的 1/2 倍 (50％) 时的情况下，控制部 106 使显示部 110 显示图 3(B)、(C)、(E) 的图案。另外，在输入了用户将第二次的发送波束的振幅设为第一次的发送波束的 2/3 倍（约 67％）的发送波束的情况下，使显示部 110 显示图 3(D) 的图案。在用户从所显示的多个驱动信道图案中进行了选择的情况下或者承认了所显示的驱动信道图案的情况下，前进至步骤 44。

[0085] 另外，步骤 43 中，用户可不从多个图案中进行选择，可根据第二次的发送波束的振幅而仅预先准备一个图案，控制部 106 选择该图案。

[0086] 步骤 44 中，控制部 106 向发送波束形成器 104 传递步骤 42 中受理的摄像参数（发送频率 / 波数 / 发送波焦点位置 / 振幅等）和步骤 43 中选择的第二次的发送波束的驱动信道图案。发送波束形成器 104 生成第一次的发送波束用的发送信号。即，波形选择部 130 从预先确定的范围中选择与摄像参数对应的各波形种类 / 信道的延迟时间 / 振幅 / 加权等，发送波形形成 / 发生部 131 以波形选择部 130 选择的值，按每一信道生成发送波形（发送信号）。

[0087] 步骤 45 中，控制部 106 切换发送接收切换部 101，将第一次的发送波信号传递给构成超声波探针 100 的发送时开口部的各信道的电声变换元件。第一次的发送波束用的发送信号如图 3(A) 所示那样地，传递给超声波探针 100 的发送时开口部内的所有信道 31 的电

声变换元件。由此，规定的振幅的超声波波束（发送波束）被波发送至摄像对象 120。

[0088] 来自摄像对象 120 的生物体内的回声信号通过超声波探针 100 的接收时的开口部内的电声变换元件进行接收，并将其变换为电信号。控制部 106 切换发送接收切换部 101，将接收信号传递给接收波束形成器 105。接收波束形成器 105 对接收到的回声信号赋予延迟后，形成接收波束信号，并传递给信号处理部 107。信号处理部 107 在存储器中临时存储接收波束信号。此外，接收时的开口部并不需要与发送的开口部一致。

[0089] 接下来，发送波束形成器 104 生成第二次的发送波束用的发送信号。对于步骤 44 中选择的驱动信道图案的驱动信道 31a，第二次的发送信号的波形被设为与第一次的发送信号波形相同。关于非驱动信道 31b，可不生成发送信号或者生成电压零的信号。控制部 106 使发送接收切换部 101 进行切换，从发送波束形成器 104 将第二次的发送波束用的发送信号传递给超声波探针 100。

[0090] 由此，关于超声波探针 100，第二次的发送波束仅由驱动信道 31a 进行波发送。关于第二次的发送波束，不仅其声压比第一次的发送波束小，而且不受电声变换元件的非线性响应性影响，成为相对于第一次的发送波束而言仅振幅被进行了调制的波形。

[0091] 来自第二次的发送波束的生物体内的回声信号与第一次相同地，由超声波探针 100 的接收时开口部内的电声变换元件进行接收。控制部 106 使发送接收切换部 101 进行切换，将接收信号传递给接收波束形成器 105，将接收波束信号传递给信号处理部 107。此外，两次接收时的开口部优选一致。其中，在实际的使用条件下，也有对接收时的开口部进行加权的情况，根据权重的形状，由接收时的开口部的两端附近的电声变换元件所接收的信号相对于开口部的中央附近的电声变换元件所接收的信号而成为充分小。在该情况下，第一次的接收时的开口部也可以与第二次的接收时的开口部不同。这是由于在图像化中，因接收时的开口部不同造成的影响较小，实质上与将开口部设为相同的情况成为相等。

[0092] 步骤 46 中，控制部 106 对第一次以及第二次的回声信号进行运算处理，使信号处理部 107 进行仅取出非线性分量的处理。信号处理部 107 在对从接收波束信号所获得的接收信号进行放大处理以及规定的滤波器处理后，从第一次的回声信号的接收信号中减去将第二次的回声信号的接收信号的 n 倍的处理。

[0093] 关于该处理具体进行说明。在将第一次的发送波束的声压设为 p 时，线性分量的声压电平以与 p 成正比的 P 来表现，非线性分量（第 2 高次谐波）的声压电平由于与 $P^2$ 成正比，整体的回声信号的声压表示为 $P+\alpha P^2$（α 为任意的数）。第二次的发送波束的送出时的驱动信道 31a 在发送时开口部所占的驱动面积如图 3(D) 那样为 2/3 的大小的情况下，第二次的发送波束的声压成为 $(2/3)p$，回声信号的声压表示为 $(2/3)P+\alpha(4/9)P^2$。在根据该 2 个回声信号来仅取出非线性分量的情形中，从第一次的回声信号中减去第二次的回声信号的 3/2 倍即可。通过该运算，由于 P 的项被抵消，仅余下 $\alpha(1/3)P^2$，因此，能够仅提取出非线性分量。另外，通过从第一次的回声信号的 2/3 倍中减去第二次的回声信号，也可相同地提取出非线性分量。

[0094] 由此，信号处理部 107，在步骤 42 中用户所设定的第二次的发送波束的振幅为第一次的发送波束的振幅的 1/n 倍 $(n>1)$，将第一次以及第二次的发送波束的回声信号的声压信号设为 $P_1$、$P_2$ 时，通过运算 $P_1-nP_2$ 或者 $(1/n)P_1-P_2$ 进行求取。由此，能够使线性分量抵消，能够仅留下与非线性分量 $(1-(1/n))p^2$ 或者 $(1/n)(1-(1/n))P^2$ 成比例的分量。

[0095] 所获得的非线性分量被传递给图像处理部 108，构筑图像数据。由此，能够获得基于 THI 的图像。

[0096] 另外，将 1/n 设定为尽可能小的值，进行 $P_1-nP_2$ 的运算作为运算处理，由于能较大地提取出非线性信号，故为优选。即，第二次的发送中，通过将超声波探针 100 的发送时开口部内的进行驱动的信道数（驱动面积）尽可能地设定得小，由此，能够增大在接收信号的运算处理后所获得的非线性分量。

[0097] 在上述说明中，在将发送时的开口部内的所有信道设为驱动信道 31 时的第一次的发送波束后，发送仅将一部分的信道设为驱动信道 31a 的第二次的发送波束，但也可以将第一次的发送和第二次的发送的顺序置换。另外，在此为了方便，将发送时进行驱动的信道的区域为最大的情况下的区域整体设为了发送时的开口部。即，例如，探测器所具备的信道数在发送口径方向上为 196 个时，64 信道是进行驱动的信道的最大区域的情况下，64 信道的区域成为发送时的开口部。

[0098] 如此，本实施方式中，超声波摄像装置具备：对配置于图 1 所记载的超声波探针 100 的多个电声变换元件传递发送信号进行驱动，且对摄像对象 120 的规定位置发送超声波波束的发送波束形成器 104；通过多个电声变换元件接收来自摄像对象 120 的所述超声波波束的回声来获得接收信号的接收波束形成器 105；对接收信号进行运算处理来生成图像的信号处理部 107；对发送波束形成器 104 和所述信号处理部进行控制的控制部 106。控制部 106 使得从发送波束形成器 104 对摄像对象 120 的相同位置发送两次超声波波束，通过信号处理部 107 对每两次发送所获得的接收信号进行运算，来抵消接收信号中所含的线性分量，提取出非线性分量。在两次发送之中，一次的发送中，从发送部对多个电声变换元件之中成为规定面积（发送时开口部）的电声变换元件的全部传递发送信号进行驱动，另外一次的发送中，选择性地仅对成为规定面积的电声变换元件之中的一部分传递发送信号进行驱动。即，由于通过降低驱动信道的数（驱动面积）来调制发送波束的振幅，因此，相对于驱动信道的电声变换元件，两次发送中均施加了完全相同波形的输入电压。因此，不受因电声变换元件等器件的非线性性造成的基于电压依存的波形变形之影响，能够高精度地仅取出因生物体内的传播所产生的非线性分量。

[0099] 另外，第 1 实施方式中说明了：两次发送之中，第一次的发送时，驱动了发送时开口部的全部的信道，第二次的发送时，将发送时开口部内的一部分的信道设为驱动信道的例，当然也可将第一次的发送与第二次的发送的顺序置换地进行。

[0100] ＜第 2 实施方式＞

[0101] 关于第 2 实施方式的超声波诊断装置进行说明。

[0102] 第 2 实施方式的超声波诊断装置与第 1 实施方式相同地，发送两次发送波束，但第 2 实施方式的超声波诊断装置将一次的发送中的驱动信道的数（发送时开口部的驱动面积）设为比另外一次的发送中的驱动信道的数要少（小），对发送波束的声压进行调制，进行基于振幅调制法的 THI。第 2 实施方式中，进一步考虑光栅波瓣的发生，降低抵消残留线性分量，可选择能够抑制伪影（图像中的虚像）的恰当的驱动信道图案。

[0103] 首先，对光栅波瓣进行说明。一般而言，电子扫描型阵列超声波探测器中，从阵列状的各电声变换元件所发出的超声波的波面进行合成，形成发送波束。电声变换元件按照每一信道而施以延迟，以使得在目的方向（主轴）使超声波的相位成为一致。但是，从电声

变换元件发出的发送脉冲由于包含多个波，因此，相邻的信道的电声变换元件的迟延一个相位也形成波面。由此，在形成该波面的方向上也形成波束，从而，由与主轴不同的方向也接受强的回声信号。如此，将与主轴不同的方向上具备指向性的波束称为“光栅波瓣”。

[0104] 将相邻的信道的间隔（间距）设为 d，将超声波的波长设为 λ 时，光栅波瓣出现在从主轴起 $\theta = \sin^{-1}(m\lambda/d)$（其中，m 为整数）的方向上。即，只要设定信道的间距 d 和波长 λ，使得将 θ 设为要摄像的视野外，则能够防止光栅波瓣的发生。在频率相同脉冲的情况下，将信道的间距 d 设定得越小，光栅波瓣则越不易发生。

[0105] 第 1 实施方式中，两次发送之中，一次的发送时，通过将超声波探针 100 的驱动信道数（发送时开口部内的驱动面积）设为比所有信道数（发送时开口部的全区域）少，来进行将器件的非线性性排除了的 THI。通常的超声波探针 100 的信道的间距 d 被设计为相对于发送脉冲的频率而不产生光栅波瓣，因此，通过为了减小发送开口部内的驱动面积而选择出的驱动信道图案，从而，成为与使间距 d 扩大的情形相同地，存在成为满足了光栅波瓣发生条件的情况。

[0106] 以下，对其具体进行说明。图 5(A) 是作为超声波探针 100 利用了线性阵列探针的情况下求取的在发送波束的深度 20mm 的聚焦附近的线性分量声场的仿真结果。在仿真中，将生物体中的声速设为 1500m/s，将衰减系数设为 0.5dB/cm/MHz。超声波探针 100 的超声波发送接收面设为在信道的间距 d 为 0.2mm，全部由 42 信道构成，发送口径约为 8.4mm。图 5(A) 的纵轴表示声压，横轴以正弦函数表示方位方向的角度，发送波束的主轴为 $\sin\theta = 0$ 的方向。

[0107] 图 5(A) 的描绘线 1901 表示驱动所有信道，发送了中心频率 9MHz，相对频带宽度 70％的脉冲的情况下的发送波束的线性分量的声压分布。在此，相对频带宽度是发送频谱之中使频带除以中心频率所得到的。

[0108] 如图 3(B) 那样，描绘线 1902 是利用将驱动信道 31a 和非驱动信道 31b 进行交替设定得到的驱动信道图案，将驱动面积设为所有信道驱动时的一半的情况下的发送波束的声压分布。其中，描绘线 1901、1902 均以各自的最大声压进行了归一化。

[0109] 对描绘线 1901 和描绘线 1902 进行比较，主轴（$\sin\theta = 0$ 的方向）附近，两者很好地一致，但描绘线 1902 在从主轴偏离的方位角 $\sin\theta = 0.5$ 的方向附近，出现声压的隆起，声场的差异变大。这是由于在描绘线 1902 的情况下，驱动信道 31a 实际成为各一个信道的情形，实质上的信道间距成为实际的信道间距 d 的 2 倍，从而难以完全抑制光栅波瓣发生的缘故。如此，相邻的驱动信道 31a 的间隔如图 3(B) 的情况那样比一个信道份要变宽时，产生光栅波瓣，因此，驱动信道 31a 的间隔需要根据光栅波瓣的容许范围进行设定。例如，优选比 2 个信道份小的间隔。在发生光栅波瓣时，通过图 4 的步骤 46 的运算处理，即使抵消主轴上的线性信号来提取出非线性信号，基于光栅波瓣的线性信号也不能抵消，因此，在处理后的信号中残留线性信号。即，基于抵消后残留的线性分量的信号将与非线性信号同时地显示在图像上，从而成为伪影（图像上的虚像）的原因。

[0110] 另一方面，在将驱动信道图案设为图 3(E) 且将其他的条件设为与描绘线 1902 相同的情况下的发送波束的声压分布是图 5(A) 的描绘线 1903。图 3(E) 的驱动信道图案将驱动信道 31a 集中于发送时开口部内的中心，相邻的驱动信道彼此的间距 d 在降低驱动面积时也不会变宽，因此，在描绘线 1903 不会发生光栅波瓣。因此，描绘线 1903 成为与描绘线

1901 的声场接近。在该情况下，通过图 4 的步骤 46 的运算处理，在抵消主轴上的线性信号来提取非线性信号时，残留于处理后信号的线性信号将比描绘线 1902 的情况要变小。

[0111] 如此，可知：通过选择适当的图案作为驱动信道图案，能够抑制光栅波瓣的发生，能够减小线性信号的抵消残留。

[0112] 于是，第 2 实施方式中，根据装设的超声波探针 100 的信道间距 d、作为摄像参数而由用户所设定的发送脉冲的频率、波数、聚焦深度等，通过预先运算或者实验来求取可抑制光栅波瓣的摄像信道图案，将其制作成图 6 那样的表等，并将其预先容纳到控制部 106 内的存储器中。

[0113] 如图 7 的流程所示那样，第 2 实施方式的摄像方法中，在步骤 42 中从用户受理频率、波数、聚焦位置、振幅等的摄像参数的输入，则前进至步骤 83，控制部 106 从存储器内的图 6 的表中读出作为摄像参数而设定的频率、波数、聚焦深度对应的最佳的驱动信道图案。在此，作为驱动信道图案，基于图 6 的表而选择图案 N、A、B 的 3 种类的任意一者。

[0114] 另外，关于装设的超声波探针 100 的信道间距 d，在可使用的超声波探针 100 的种类为固定的情况下，可作为固定值而编到表内，在用户能够选择使用间距不同的多个种类的超声波探针 100 的情况下，步骤 42 中，还可作为一个摄像参数，从用户处受理间距 d 的输入。另外，将可装设的超声波探针 100 的种类和其信道间距 d 的关系设作表等，预先容纳到控制部 106 内的存储器中，在步骤 42 中，通过用户选择所装设的超声波探针 100 的种类，从而控制部 106 还能够从表中读出所选择的超声波探针 100 的信道间距 d，用到图 6 的表的驱动信道图案的选择中。

[0115] 控制部 106 使在显示部 110 显示所读出的驱动信道图案和该图案在光栅波瓣的抑制上最佳的情况，向用户示出。如用户了解了该图案，则前进至步骤 44。另外，步骤 83 中，用户也能任意地选择显示部 110 所示的最佳图案以外的其他的驱动信道图案，在该情况下，控制部 106 利用用户所选择的图案。

[0116] 其他的步骤 41 ～ 42、44 ～ 46 由于与第 1 实施方式相同故省略说明。另外，关于装置构成，与第 1 实施方式相同。

[0117] 如此，第 2 实施方式中，由于能基于摄像参数而选择可抑制光栅波瓣的最佳的驱动信道图案，因此，能够降低通过信号处理部 107 处理后因光栅波瓣所引起的线性分量的抵消残留。由此，能够抑制抵消残留的线性分量所引起的伪影，能够获得非线性信号的比例更高的 THI 图像。

[0118] 另外，光栅波瓣的发生也依存于发送脉冲的相对频带宽度。例如，作为电声变换元件而利用了 CMUT(Capacitive micro-machined ultrasonic transducers：静电电容型显微机械加工超声波变换器）、单结晶压电体的情况，与广泛利用的 PZT(Lead zirconate Titanate：锆钛酸铅）的元件相比，能够在宽频带形成发送脉冲。宽频带脉冲成为大致单一脉冲，因此，在主轴以外的方向上，波的相重叠的区域减少，难以产生光栅波瓣。作为具体例，图 5(B) 示出了将发送脉冲的相对频带宽度设为 125%，其他的条件设为与图 5(A) 相同的情况下的仿真结果。描绘线 1905 是驱动所有信道的情况，描绘线 1906 是图 3(B) 的驱动信道图案的情况，描绘线 1907 是图 3(E) 的驱动信道图案的情况。对图 5(A) 的描绘线 1902 和图 5(B) 的描绘线 1906 进行比较可知：通过利用相对频带宽度为 125%的宽频带脉冲，即使是选择了图 3(B) 的交替设定了驱动信道的驱动信道图案的情况下，也能抑制光栅波瓣。

[0119] 如此，通过发送脉冲的相对频带宽度，由于能够抑制光栅波瓣的恰当的驱动信道图案也发生变化，因此，作为求取最佳的驱动信道图案时的参数，也可考虑发送脉冲的频带宽度。由于相对频带宽度在发送波形的时域与波数对应，因此，即使将发送脉冲的波数作为参数，在本质上也是相同的情况。在该情况下，在通过预先运算等来求取图 6 的表时，制作包含将发送脉冲的相对频带宽度或者波数作为参数的表，在图 7 的步骤 42 中，控制部 106 设为从用户处受理发送脉冲的频带宽度的构成。

[0120] 另外，不仅仅是驱动信道图案，通过将驱动面积的比例设为最佳，也可以降低线性分量的抵消残留。对此，利用图 8 的描绘线进行说明。描绘线的横轴表现驱动信道的面积相对于发送时开口部的总面积的比例，纵轴表示在利用了该驱动面积的情况下的发送波束的最大声压差的变化。最大声压差表示与使发送口径内的所有信道进行驱动时的发送波束整体之间的差分之中，成为最大的点的声压差。该描绘线是通过利用了与图 5(A) 的描绘线 1903 相同的仿真条件得到的计算结果来求取的。

[0121] 降低了驱动面积后的发送（第二次的发送）时的驱动面积越接近发送时开口部的总面积（接近于 100％），与所有信道发送时（第一次的发送）之间的最大声压差越变小，因此，将降低在图 7 的步骤 46 的接收回声运算后所残存的线性分量。因此，从降低抵消残留线性分量、抑制伪影的观点来看，优选第二次的发送时的驱动面积接近发送时开口部的总面积。另一方面，降低了驱动面积的发送（第二次的发送）时的驱动面积越小，发送波束的声压越变小，因此，能够越大地获得图 7 的步骤 46 的运算后的非线性分量，使 S/N 高的 THI 成为可能。因此，为了较大地获得非线性分量，优选第二次的发送的驱动面积较小。

[0122] 于是，在能够兼顾抵消残留线性分量降低和非线性分量增加的范围内设定驱动面积。具体而言，抵消残留线性分量所引起的伪影在图像上能被识别的量与最大声压差 3dB 相当时，从抵消残留线性分量降低的观点来看，驱动面积的比例在图 8 的例中优选约为 74％以上。另一方面，从 S/N 提高的观点来看，优选第二次的发送的驱动面积较小。于是，考虑两方面，作为最佳的驱动面积而选择 74％。由此，能够实现 S/N 高的 THI 的同时进一步降低抵消残留线性分量。

[0123] ＜第 3 实施方式＞

[0124] 关于第 3 实施方式的超声波诊断装置进行说明。

[0125] 第 1 以及第 2 实施方式中，两次发送之中的一次的发送中，对超声波探针 100 设置驱动信道和非驱动信道，因此能够降低驱动面积（进行驱动的电声变换元件的数量），降低了发送波束的声压。第 3 实施方式中，通过以设于信道内的子信道为单位，设置进行驱动的子信道和不进行驱动的子信道，从而能够降低发送波束的声压。

[0126] 例如，如图 9(A) 所示那样，对各信道 31 设置 2 个以上的子信道 91。在降低驱动面积发送发送波束时，如图 9(B) 那样，仅驱动 2 个以上的子信道 91 之中一部分的子信道 91a，余下的设为非驱动子信道 91b。由此，基于信道 31 内的进行驱动的子信道 91a 的比例，能够降低发送波束的声压。此时，如图 9(B) 那样，在超声波探针 100 的发送时开口部内，以使驱动子信道 91a 的间隔成为固定地进行设定，驱动子信道 91a 的间距必然与信道 31 的间距 d 相等。由此，在降低驱动面积时，信道 31 的实质上的间距并未扩大，没有因间距扩大而引起的光栅波瓣发生的担心。其中，通过设置非驱动子信道 91b，由于实质的信道 31 的宽度不同，所以，会多少产生由此而引起的声场差异。

[0127] 图 10 是在作为超声波探针 100 而利用了线性阵列探针的情况下求取发送波束的在深度 20mm 的聚焦附近的线性分量声场的仿真结果。在仿真中，将生物体中的声速假设为 1500m/s，将衰减系数假设为 0.5dB/cm/MHz。关于超声波探针 100 的超声波发送接收面，信道的间距 d 为 0.2mm，全部由 42 信道构成，发送口径约为 8.4mm。发送脉冲的中心频率为 9MHz，相对频带为 70％。图 10 的纵轴表示声压，横轴以正弦函数表示方位方向的角度，发送波束的主轴成为 $\sin\theta = 0$ 的方向。

[0128] 图 10 中，描绘线 2501 是驱动了所有信道 31 的全部的子信道的情况下的发送波束的声压分布，描绘线 2502 是驱动如图 9(B) 那样构成各信道的二个子信道 91 中的一个子信道 91a，将驱动面积为一半的情况下的发送波束的声压分布。其中，描绘线 2501、2502 均以各自的最大声压进行了归一化。

[0129] 从图 10 可以明确，描绘线 2502 的发送波束的声压分布与描绘线 2501 的发送波束的声压分布大致一致，抑制了光栅波瓣的发生。如此，通过以构成信道 31 的子信道为单位来设定驱动子信道 91a 和非驱动子信道 91b，即使降低了驱动面积也能够抑制光栅波瓣，能够降低因抵消残留线性分量引起的伪影。

[0130] 另外，为了对信道 31 以子信道的单位来设定驱动子信道 91a 和非驱动子信道 91b，例如，如图 11(A) 那样，在发送接收切换部 101 内，按信道 31 设置开关 2402，开关 2402 被设为 :将来自发送波束形成器 104 的发送信号传递给驱动子信道 91a 地进行切换的构成。开关 2402 的切换在控制部 106 的控制下，由发送接收切换部 101 来进行。

[0131] 另外，作为超声波探针 100 的电声变换元件而利用了 CMUT 那样的电容型变换器的情况下，通过对设置于振动膜以及下部基板内的 2 个电极间施加 DC 偏置以及 AC（交流）电压，来在电极间使电位差产生，使振动膜进行振动。CMUT 如不施加偏置电压则电声变换效率极差，另外由于以 AC 电压的频率的 2 倍频率进行振动，因此，在实效上，不能进行关注频带中的发送。由此，关于超声波探针 100，对各电声变换元件 (CMUT) 的一方的电极连接用于供给 DC 偏置的电源 92，关于 DC 偏置电源 92，如图 12 那样，连接用于控制 DC 偏置电压的控制部 93。发送波束形成器 104 作为发送信号，按照每一信道，供给 AC 电压。

[0132] 于是，在利用 CMUT 的超声波探针 100 中，对各信道设置子信道的情况下，如图 11(A) 那样，还能够构成为通过开关 2402 仅对进行驱动的子信道 91a 的 CMUT 传递 AC 电压，如图 11(B) 那样，能够设为仅对进行驱动的子信道 91a 的 CMUT 供给 DC 偏置，对非驱动子信道 91b 不供给 DC 偏置这样的构成。在图 11(B) 的构成的情况下，由于 DC 偏置在所驱动的信道为固定电压（公共电压），因此，仅通过设置与配置于一个信道内的子信道的数目同数量的 DC 偏置系统 95a、95b，能够对于驱动子信道 91a，从系统 95a 施加 DC 偏置而进行驱动，对于非驱动子信道 91b，从系统 95b 不施加 DC 偏置而设为非驱动。在对全部子信道进行驱动时，从全部系统 95a、95b 供给 DC 偏置。由此，不必设置与信道数同数量的开关，能够设为将与系统的数目同数量（图 11(B) 的情况下，为二个）的开关设于 DC 偏置电源 92，通过 DC 偏置电压控制部 93 的控制来切换二个开关这样的简单构成。

[0133] 另外，图 11(A)、(B) 中，示出了对 1 个信道配置 2 个子信道的例，但也可以将子信道数设为 3 个以上，能够进一步减小驱动面积。

[0134] 另外，也可以将本实施方式的以子信道为单位降低驱动面积和如第 1 以及第 2 实施方式那样以信道为单位降低驱动面积进行组合来进行。

[0135] ＜第 4 实施方式＞

[0136] 第 4 实施方式中，对第 2 以及第 3 实施方式所示的光栅波瓣引起的抵消残留线性分量进行抑制的另外其他形态进行说明。

[0137] 一般来说，线性型、凸起型等的阵列型的超声波探针 100 具有模仿长方形的电声变换元件的排列构造，在发送口径（长轴）方向上，多个信道呈阵列状地配置，在长轴方向上描绘摄像对象的断层像。另外，也有在与发送口径正交的短轴方向上，多个信道呈阵列状配置的情形。例如，如图 13(A) 那样，在配置了二维信道 31 的情况下，通过对长轴方向的信道的延迟时间进行操作等，能够使超声波波束（发送波束）的聚焦点发生变化。短轴方向的信道存在通过声透镜将聚焦点固定的情况、通过聚焦点的深度使短轴方向的驱动信道数发生变化的情况。

[0138] 如此，在利用不仅在长轴方向而且在短轴方向也排列了信道的探针 100 的情况下，如以下那样地选择进行驱动的信道 31a，在要降低两次发送之中一次的发送中发送波束的声压时，能够抑制光栅波瓣。即，如图 13(B)、(C) 那样，如设定了短轴方向第 1 列的驱动信道 31a 的图案，短轴第 2 列起以后的信道的驱动信道 31a 相对于短轴第 1 列的驱动信道 31a 设为互斥。即，将与短轴第 1 列不同的位置的信道 31 设为驱动信道 31a。此时，短轴方向各列的驱动信道 31a 在该列所占的面积比例也可设为固定，还可以按每一列而不同。

[0139] 通过如此地配置驱动信道 31a，例如图 13(B) 的驱动信道图案的驱动面积相对于发送开口部的总面积而为 1/2，关于长轴方向进行观察可知，短轴第 1 列与第 2 列的驱动信道 31a 位于对非驱动信道的位置互补的位置，因此，关于长轴方向，驱动信道 31a 的间距与发送开口部内的所有信道驱动时实质上同等。因此，关于长轴方向，所形成的发送波束的声场与所有信道驱动时的波束形成所产生的声场成为同等，能够在摄像对象的断层图像中抑制光栅波瓣发生。

[0140] 相同地，图 13(C) 的驱动信道图案的驱动面积相对于发送开口部的总面积而为 1/3，但关于长轴方向进行观察可知，短轴第 1 列与第 2 列与第 3 列的驱动信道 31a 存在于互补的位置，因此，关于长轴方向，驱动信道 31a 的间距与发送开口部内的所有信道驱动时实质上同等。

[0141] 另外，在发送开口部内二维地配置有信道的情况下，为了如图 13(B)、(C) 那样，对信道 31a 进行驱动，发送波束形成器 104 当然能够设为对二维排列的所有信道分别输出发送信号的构成，但也可以是：具备对沿着长轴方向的 1 列份的信道输出发送信号的构成，设为经由发送接收切换开关 101，对短轴第 1 列、第 2 列、第 3 列的任意一列的信道选择性地传递发送信号地进行切换的构成。由此，通过如图 13(B)、图 13(C) 那样的图案，能够对驱动信道 31a 进行驱动。

[0142] 在上述图 13(C) 中，当在短轴方向上配置 3 列的信道的情况下的探针 100 中，对短轴各列的驱动信道为相互补充的信道图案进行了说明，但只要关于长轴方向，与所有信道驱动时成为相同发送开口，可对短轴列上的信道进行任意次驱动。例如，对于图 13(D) 所示的图案，针对长轴第 1 列进行观察可知：短轴第 1 列与第 3 列的 2 信道被驱动。即使在这样的情况下，关于长轴方向，驱动信道 31a 的间距也与发送开口部内的所有信道驱动时实质上成为同等，因此，能够抑制光栅波瓣的发生。因此，4 列以上的信道在短轴方向上进行了配置的情况下，能够设为反复地配置图 13(B) 的驱动信道图案或者图 13(C) 的驱动信道图案

而得到的驱动信道图案这样的构成。例如，如图 13(E) 那样，在是短轴方向上配置 4 列的信道的探针的情况下，能够设为将图 13(B) 的驱动信道图案在短轴方向上两次反复进行配置而得到的图案。另外，在短轴方向配置了 6 列的信道的情况下，能够设为将图 13(C) 的驱动信道图案两次反复进行配置而得到的图案。另外，也可以设为将图 13(B) 的驱动信道图案与图 13(C) 的驱动信道图案在短轴方向上交替地反复进行配置得到的图案。即使在这些的情况下，也与图 13(B) 以及图 13(C) 相同地，能够获得抑制光栅波瓣发生的效果。如此，即使在通过将图 13(B)、图 13(C) 的图案反复进行配置而形成长轴与短轴无区别的 2 维阵列超声波探针，也能够抑制光栅波瓣的发生，因此，在利用长轴与短轴无区别的 2 维阵列超声波探针来对多个方向的断层像进行摄像的情况下也是有效的。

[0143] 两次的发送之中，关于使驱动面积降低的发送中所利用的信道图案以外的构成，由于与第 1 实施方式相同故省略说明。另外，本实施方式也可以利用第 3 实施方式所示的子信道驱动的方法，并与以子信道为单位使驱动面积降低的方法进行组合。

[0144] ＜第 5 实施方式＞

[0145] 第 5 实施方式中，对于作为避免光栅波瓣的再其他形态，由信号处理部 107 的滤波器处理部 132 来选择回声信号的频率这样的构成进行说明。即，按照仅取得低频区域的非线性信号的方式增加滤波器，以避免光栅波瓣。

[0146] 如图 14 所示那样，在以中心频率 $f_0$ 发送频带宽度 $2f_s$ 的脉冲的情况下，关于生物体传播中所发生的非线性信号，已知除了以 $2f_0$ 为中心的第 2 高次谐波分量 3115 以外，还生成以 $f_s$、$2f_s$ 等为中心的低频区域的非线性分量（差音分量）3110。

[0147] 另一方面，在如线性型探针那样的主轴相对于口径垂直的情况下，关于光栅波瓣的发生条件，在实质上的信道间距为 d 且超声波的波长设为 λ 时，$0 < (\lambda/d) < 1$ 时光栅波瓣发生。λ 在声速设为 c 且频率设为 f 时，可改写为 $\lambda = c/f$。即，如图 14 那样，光栅波瓣 3120 发生的频域成为 $f > c/d$。例如，利用图 3(B) 的驱动信道图案，由实质上的信道间距为 0.4mm 的探针生成发送波束的情况下，发生的光栅波瓣分量将在 3.9MHz 以上的频域出现。

[0148] 本实施方式中，利用该性质，去除光栅波瓣 3120。即，在图 4 的步骤 46 中，信号处理部 107 的滤波器处理部 132 通过施加接收滤波器对高频截断时，将高域截止值设为比光栅波瓣分量的频域的下限 c/d 之下，进行去除。由此，能够防止基于光栅波瓣 3120 的线性信号残存于接收信号中，能够提取出在低频区域生成的差音分量 3110 的非线性信号。另外，在如倾斜扇形型探针那样的主轴且能在深部获得较宽视野那样的扫描型探针中，光栅波瓣发生条件可成为宽的范围。因此，根据探针 100 的物理性信道间距和驱动信道图案，来求取实质上的信道间距 d，根据所求取的 d 与光栅波瓣发生条件来决定接收滤波器频带的高域截止频率。

[0149] 利用具体例进一步进行说明。通过物理性信道间距为 0.2mm 的构造的线性探针 100，考虑下述的情况，即，第一次的发送中，驱动发送开口部内的所有信道，第二次的发送中，仅驱动发送开口部内的 1/2 的信道的情况。第二次的发送中，利用图 3(B) 的驱动信道图案。在该情况下，第二次的发送中，驱动信道 31a 的实质上的间距成为 0.4mm，因此，如发送中心频率 9MHz 的超声波，产生光栅波瓣，光栅波瓣所出现的区域约为 3.9MHz 以上的频域。因此，针对两次的发送中的回声信号，步骤 46 中，信号处理部 107 的滤波器处理部 132 以设

为比 3.9MHz 低频域的接收滤波器对信号进行滤波，执行提取差音 (difference tone) 分量 3110 的非线性信号的运算处理。

[0150] 其他的步骤与第 1 实施方式的图 4 相同。另外，关于装置的整体构成，也与第 1 实施方式相同。

[0151] 如此，本实施方式中，通过滤波器处理来去除光栅波瓣，能够提取出非线性信号（差音分量），因此，能够获得基于已抑制了光栅波瓣产生的伪影的差音分量的 THI 像。

[0152] 另外，并不限于第 1 实施方式，也能够将第 2 ～第 3 实施方式与本实施方式的滤波器处理进行组合。

[0153] ＜第 6 实施方式＞

[0154] 关于第 6 实施方式的超声波诊断装置进行说明。第 2 ～第 5 实施方式中陈述了有关在进行两次的发送接收的振幅调制法中，抑制光栅波瓣，使抵消残留线性分量降低的同时实现不受器件的非线性性影响的 THI 的方法。第 6 本实施方式中，对进行三次以上的发送接收来将光栅波瓣的影响完全除外的摄像方法进行说明。

[0155] 本实施方式中，第 1 发送时，驱动超声波探针 100 的发送时开口部内的所有信道，第 2 ～第 k 发送时（其中，$k \geq 3$，k 为整数）中，分别驱动比第 1 发送时面积小的驱动区域（驱动信道）。此时，以使第 2 ～第 k 发送时的发送时开口部内的驱动区域（驱动信道）重合累加的合计与第 1 发送时的驱动区域（发送开口部内的所有信道）一致地，来决定第 2 ～第 k 发送时的驱动区域（驱动信道）。即，相互互斥地配置第 2 ～第 k 发送时的驱动信道。

[0156] 发送超声波的回声信号中的线性分量与发送波束的声压成正比地生成。相对于第 1 发送时的驱动面积，例如具备 1/n 倍 ($n > 1$) 的驱动面积的第 2 ～第 k 发送的回声信号中的线性信号将成为第 1 发送的回声信号中的线性信号的 1/n 倍 ($n > 1$)。而且，将第 2 ～第 k 发送时的驱动区域重合累加后的合计的面积与第 1 发送时的驱动面积一致，因此，理论上，第 2 ～第 k 发送的超声波波束（发送波束）的声场的线性分量的合计将与第 1 发送的发送波束的声场的线性分量完全一致。因此，对第 2 ～第 k 发送的各回声信号的接收信号进行合计，并进行将其从第 1 发送的回声信号的接收信号中减去等的运算，则接收信号中的线性分量完全被抵消。由于光栅波瓣也是线性分量，因此，也能够完全去除。

[0157] 另一方面，以超声波在生物体的传播中所生成的高次谐波分量为主的非线性分量与发送波束的声压的 2 次方成正比地生成。因此，相对于第 1 发送时的驱动面积，具有 1/n 倍 ($n > 1$) 的驱动面积的第 2 ～第 k 发送的回声信号中的非线性信号也将成为 $1/n^2$ 倍，将比 1/n 要小。即，所获得的回声信号中所含的非线性信号的比例将比线性信号要小，因此，即使从第 1 发送的回声信号中减去第 2 ～第 k 发送的回声信号，非线性信号也将留下。由此，能够通过振幅调制法来提取出非线性分量。

[0158] 作为具体的摄像时的动作，如图 15 所示，从用户处受理与第 1 实施方式的图 4 的步骤 41、42 相同的摄像方法、摄像参数。此时，步骤 42 中，将发送次数 k 的输入与其他的参数一并受理。

[0159] 在内置于控制部 106 的存储器中，按照每个所设定的发送次数 k，预先容纳 1 个以上的驱动信道图案。步骤 42 中若设定了摄像参数，则控制部 106 前进至步骤 153，从存储器中读出与所设定的发送次数 k 对应的驱动信道图案，并在显示部 110 进行显示，督促用户在显示的驱动信道图案中选择所希望的图案。用户经由用户界面 109 而选择了图案时，控制

部 106 受理该选择，前进至步骤 44。在步骤 44 中，与第 1 实施方式相同地，控制部 106 向发送波束形成器 104 输出摄像信道图案、摄像参数。

[0160] 前进至步骤 155，控制部驱动所设定的摄像信道图案的驱动信道 31a，发送从第一次到第 k 次的发送波束，其每次接收回声信号。信号处理部 107 对接收信号进行滤波器处理等后容纳到存储器 134 中。此外，各自的发送与接收中所利用的开口部，与第 1 实施方式相同地对待。

[0161] 步骤 156 中，信号处理部利用第一次的回声信号（接收信号）P1 至第 k 次的回声信号（接收信号）Pk，通过进行 P1-(P2+P3...+Pk) 的运算，使线性分量抵消，提取出非线性分量。其后图像处理部 108 进行图像构筑等。

[0162] 由此，能够获得基于将第 6 实施方式的光栅波瓣大致完全地抵消后的 S/N 高的非线性信号而形成的 THI 像。

[0163] 图 16(A) ～ (F) 表示进行三次发送接收 (k = 3) 时的驱动信道图案的例。图 16(A) 中，第 2 ～第 3 发送的驱动信道图案是每隔 1 信道互斥地配置了驱动信道的图案。图 16(B) 以及 (C) 分别是每隔 2 信道以及每隔 3 信道互斥地配置了驱动信道的图案。图 16(D) 是在利用具备第 3 实施方式中说明的子信道构造的装置的情况下，在信道内配置 2 个子信道，第 2 发送中，使第 1 子信道作为驱动子信道 91a 进行驱动，第 3 发送中，使第 2 子信道作为驱动子信道 91a 进行驱动的图案。另外，图 16(E) 是第 2 发送中将朝着发送口径而位于左半部分的区域的多个信道作为驱动信道 31a，第 3 发送中将位于右半部分的区域的多个信道作为驱动信道 31a 的图案。图 16(F) 是在第 2 发送中将发送开口部的外侧区域的多个信道作为驱动信道 31a，第 3 发送中将发送开口部的中央区域的多个信道作为驱动信道 31a 的图案。

[0164] 图 17(A) ～ (C) 示出了在进行 5 次发送接收 (k = 5) 时的驱动信道图案的例。另外，图 17(D) 表示进行 6 次发送接收 (k = 6) 的图案的例。图 17(A) ～ (C) 是第 2 ～第 5 发送中各驱动 2 信道的图案。图 17(A) 是将相邻的 2 信道作为驱动信道 31a，按每一发送，使其位置逐步地偏离得到的图案，图 17(B) 是将位于信道阵列的两侧的二个信道作为驱动信道 31a，按照每次发送，依次选择内侧的信道的图案。图 17(C) 是将夹着 3 信道的二个信道作为驱动信道 31a，保持二个驱动信道 31a 的间隔不变地，按每次发送使信道的位置逐步偏离得到的图案。图 17(D) 是进行驱动的信道的数、位置均设为随机得到的图案。

[0165] 在进行图 16、图 17 所示的任意一个驱动信道图案的情况下，将第 2 至第 k 发送的驱动信道 31a 进行重合累加，将与第 1 发送的驱动信道 31a 相等，因此，第 2 至第 k 发送中接收的回声信号的线性声场的合计也将与第 1 发送中接收的回声信号的线性声场完全地一致。由此，步骤 156 中，进行从第 1 发送的回声信号 (P1) 中减去将从第 2 至第 k 发送中接收的全部的回声信号的合计 (P2+P3...+Pk)、的接收的回声信号的运算时，能够使线性分量完全抵消，仅留下非线性信号。

[0166] 在图 17(A) 的情况下，关于通过接收到的回声信号的运算所能提取出的非线性信号量，第 1 发送的回声信号 P1 的非线性信号量设为 $\alpha P^2$，第 2 至第 5 发送使用第 1 发送的驱动面积的 1/4，因此，所获得的回声信号分别成为 $\alpha (1/16)P^2$。由此，步骤 156 中，进行使线性分量抵消的运算 (P1-(P2+P3...+Pk) 时，能够获得 $\alpha P^2-4\times\alpha (1/16)P^2 = \alpha (3/4)P^2$ 的非线性分量。

[0167] 在考虑了 N 次发送 (k = N) 时，第 2 ～第 N 次的各发送的驱动面积设为固定值时，各发送的驱动面积以发送开口部的总面积的 1/(N-1) 倍来表现。将第 1 发送中的回声信号的声压设为 P 时，关于第 2 ～第 N 次的各发送的回声信号，如以线性分量和非线性分量组合记述，则被表现为 $(1/(N-1))P+\alpha(1/(N-1)^2)P^2$，因此，第 2 ～第 N 次发送的回声信号的总和是上式的 (N-1) 倍，表现为 $P+\alpha(1/(N-1))P^2$。当从第一次的回声信号 $(P+\alpha P^2)$ 减去该总和，则所获得的非线性分量以 $\alpha P^2(1-1/(N-1))$ 来表现。即，发送次数 N( = k) 越大，运算处理后所获得的非线性信号也就越变大。

[0168] 由此，在要获得更多非线性信号的情况下，优选将总发送次数 k 设定得较大。另外，在使高帧率优先的情况下，优选三次发送接收。另外，在三次发送接收的情况下，将第 2 发送与第 3 发送的驱动信道的面积设为相等时，运算后所获得的非线性信号变大。

[0169] 另外，为了通过运算处理来提取出更多的非线性信号，优选将第 2 ～第 k 次发送的回声信号中所含的非线性信号设得更小。其原因在于，步骤 156 的运算处理时，由于从第 1 发送的回声信号中减去第 2 ～第 k 次发送的回声信号，因此，第 1 发送的回声信号的非线性信号通过运算处理将得到降低。因此，优选将第 2 ～第 k 次发送的驱动信道图案设为尽可能使非线性信号量小的图案。即，使声源进行分散的阵列图案较好，在第 2 ～第 k 次发送的发送开口部内的驱动信道的阵列图案没有偏颇为佳。例如，三次发送的图 16(A) ～ (F) 的图案中，由于图 16(A) 以及 (D) 中所例举的图案满足该条件，故为优选。图 16(F) 的图案中，第 2 发送与第 3 发送的驱动信道的排列方法存在偏颇，因此，第 2 ～第 k 次发送的非线性信号比其他的图案要变大，运算后所获得的非线性信号量变小。

[0170] 本实施方式中，也可以利用使第 3 实施方式所示的基于子信道驱动的驱动面积发生变化的方法，可对以子信道为单位的驱动面积的降低和以信道为单位的驱动面积的降低进行组合的驱动图案进行组合。另外，也可将第 4 实施方式中所示的短轴方向上的信道与驱动阵列图案进行组合。

[0171] 第 6 实施方式中，第 1 发送中驱动发送时开口部内的所有信道，第 2 ～第 k 发送中仅驱动发送时开口部内的一部分的信道，驱动所有信道的发送也能在第 1 ～第 k 发送的任意次的发送中进行。在该情况下，余下次的发送中，进行驱动一部分的信道的发送。

[0172] 另外，也可将驱动发送时开口部的所有信道的发送分为多次来进行。例如，驱动发送时开口部的所有信道之中 1/2 的信道进行第 1 发送，驱动余下的 1/2 的信道进行第 2 发送，通过对第 1 发送以及第 2 发送的回声信号进行合计，也能够获得与基于发送时开口部的所有信道驱动的发送时相同的回声信号。而且，余下的第 3 发送至第 (k+1) 发送中，进行驱动了一部分的信道的发送，将获得的回声信号从第 1 发送和第 2 发送的回声信号的合计中减去，也能够提取出非线性分量。

[0173] < 第 7 实施方式 >

[0174] 第 1 ～第 6 实施方式分别对进行 THI 的摄像方法进行了说明，但也可以设为能选择性执行第 1 ～第 6 实施方式的摄像方法的超声波诊断装置这样的构成。在该情况下，实际使用的条件下，由于能够选择必要的最佳的方法，故为优选。

[0175] 例如，在帧率为必要时，两次发送中选择可进行 THI 的第 1 ～第 5 实施方式的摄像方法，在高分辨率的摄像为必要时，使第 6 实施方式的摄像方法能够通过自动或者手动进行调节地构成即可。

[0176] 标号说明

[0177] 100 超声波探针

[0178] 101 发送接收切换部

[0179] 104 发送波束形成器

[0180] 105 接收波束形成器

[0181] 106 控制部

[0182] 107 信号处理部

[0183] 108 图像处理部

[0184] 109 用户界面

[0185] 110 显示部

[0186] 120 摄像对象

[0187] 132 滤波器处理部

[0188] 133 运算处理部

[0189] 134 存储器

[0190] 130 波形选择部

[0191] 131 发送波形形成 / 发生部

[0192] 1101 第 1 发送脉冲

[0193] 1102 第 2 发送脉冲

[0194] 1111 第 1 发送的回声信号

[0195] 1112 第 2 发送的回声信号

[0196] 1120 运算后的回声信号

[0197] 1201 第 1 发送脉冲

[0198] 1202 第 2 发送脉冲

[0199] 1211 第 1 发送的回声信号

[0200] 1212 第 2 发送的回声信号

[0201] 1220 运算后的回声信号

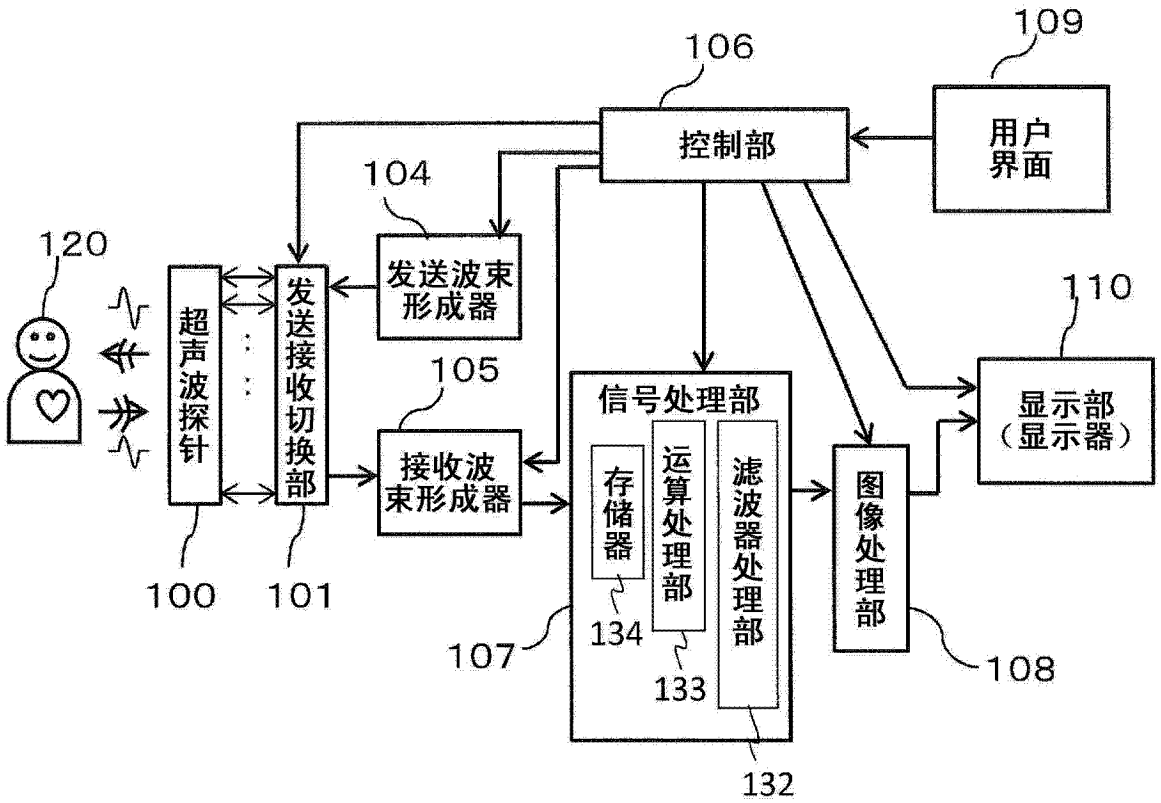

106
109
控制部
用户界面
104
120
发送波束形成器
超声波探针
发送接收切换部
110
105
信号处理部
显示部（显示器）
接收波束形成器
存储器
运算处理部
滤波器处理部
图像处理部
100
101
134
133
107
108
132

图 1

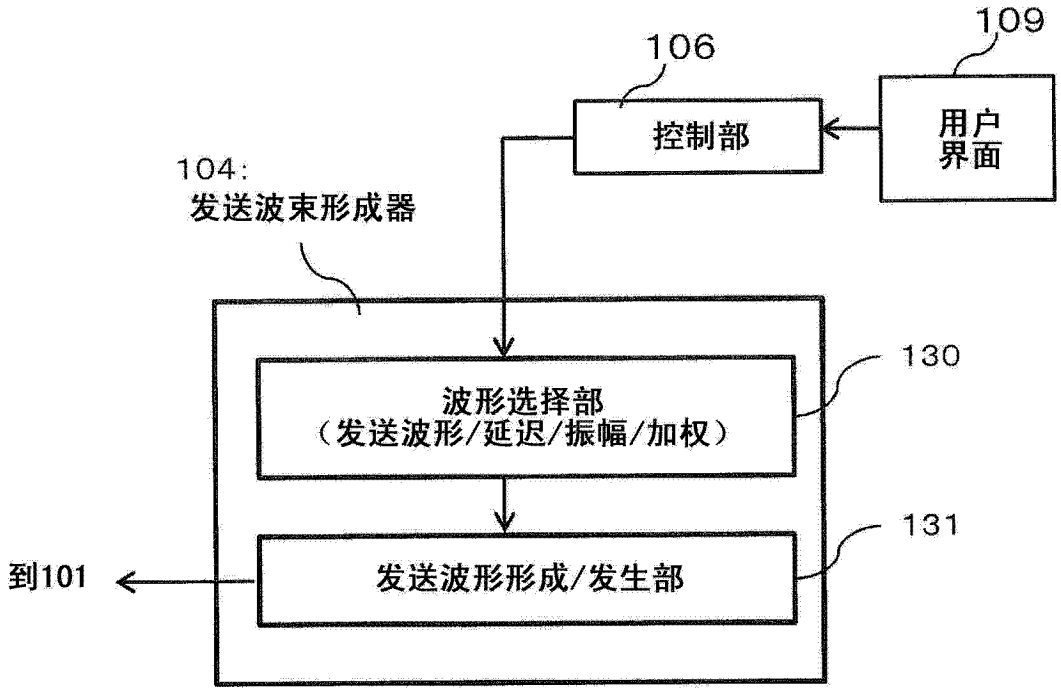

109
106
控制部
用户界面
104：
发送波束形成器
130
波形选择部
（发送波形/延迟/振幅/加权）
131
到101
发送波形形成/发生部

图 2

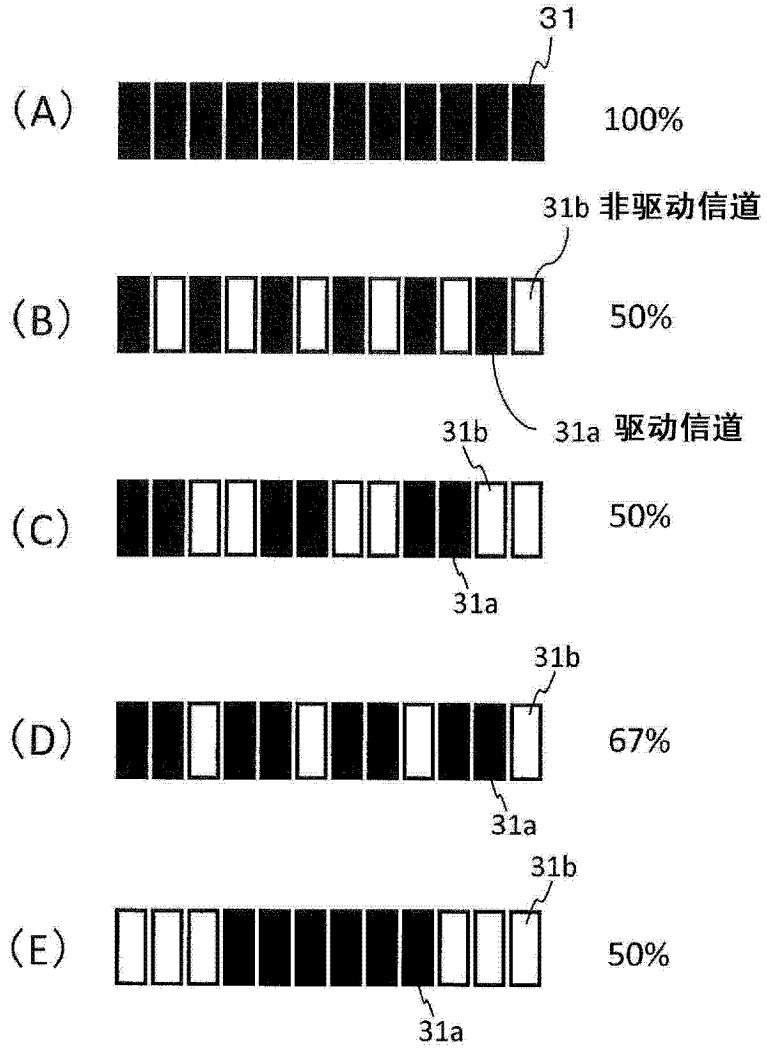

31
(A)
100%
31b 非驱动信道
(B)
50%
31a 驱动信道
31b
(C)
50%
31a
31b
(D)
67%
31a
31b
(E)
50%
31a

图 3

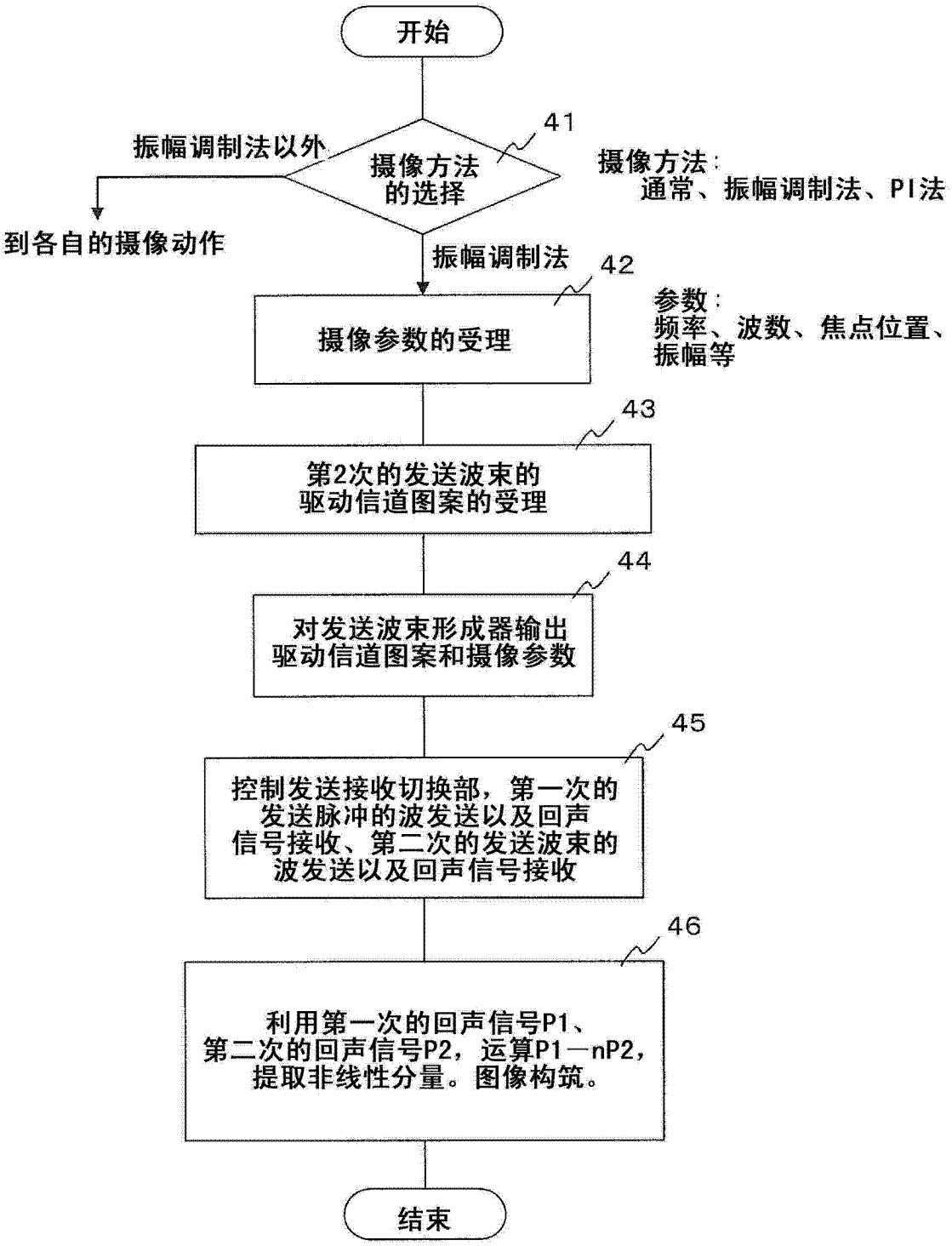

开始
41
振幅调制法以外
摄像方法
的选择
摄像方法：
通常、振幅调制法、PI法
到各自的摄像动作
振幅调制法
42
摄像参数的受理
参数：
频率、波数、焦点位置、
振幅等
43
第2次的发送波束的
驱动信道图案的受理
44
对发送波束形成器输出
驱动信道图案和摄像参数
45
控制发送接收切换部，第一次的
发送脉冲的波发送以及回声
信号接收、第二次的发送波束的
波发送以及回声信号接收
46
利用第一次的回声信号P1、
第二次的回声信号P2，运算P1－nP2，
提取非线性分量。图像构筑。
结束

图 4

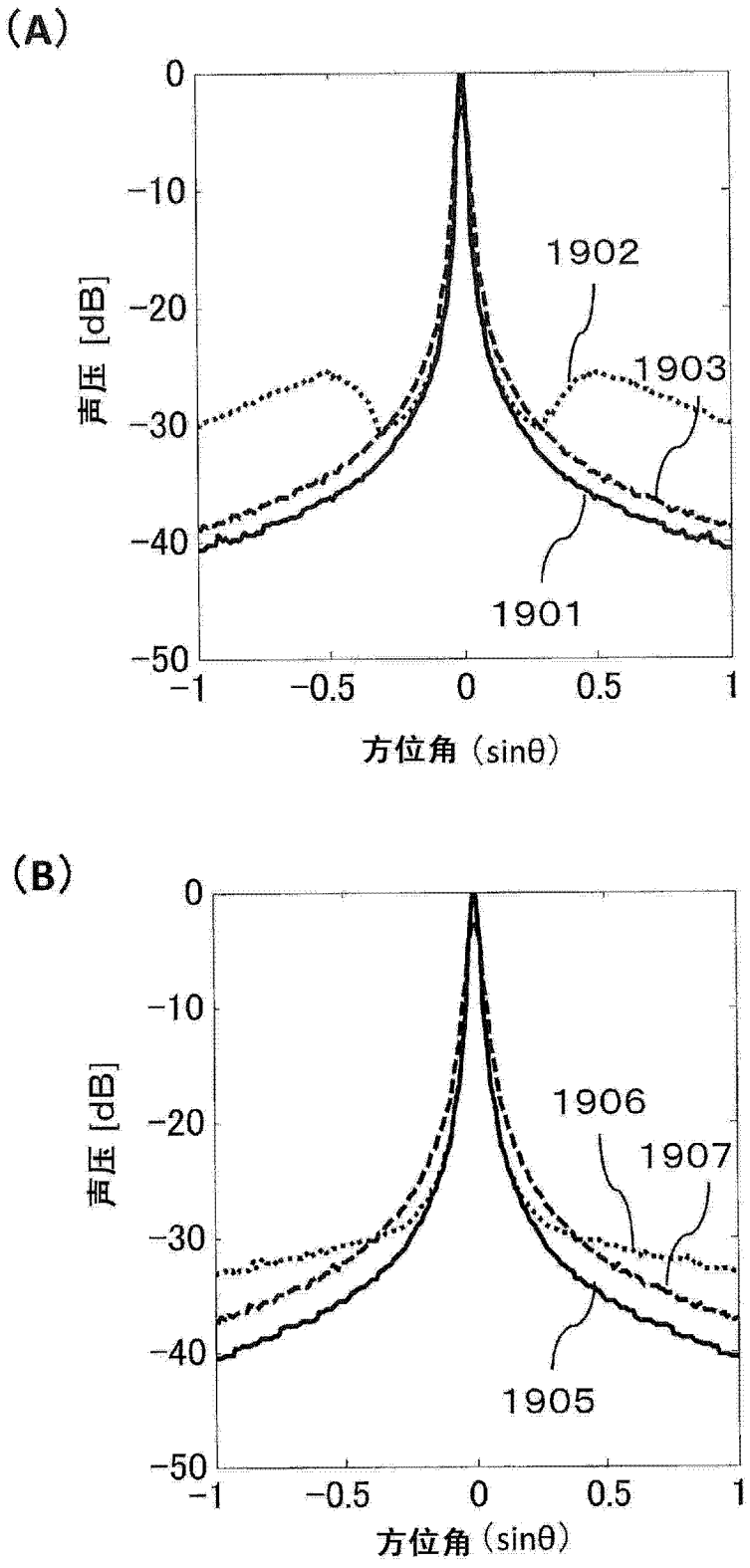

(A)
0
-10
-20
-30
-40
-50
声压 [dB]
1902
1903
1901
-1
-0.5
0
0.5
1
方位角 (sinθ)
(B)
0
-10
-20
-30
-40
-50
声压 [dB]
1906
1907
1905
-1
-0.5
0
0.5
1
方位角 (sinθ)

图 5

| 波数（相对频带宽度） | | 1 | | | | 2 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| λ/d | | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 聚焦深度[mm] | 5 | A | A | A | N | N | N | N | N |
| | 10 | A | A | A | A | A | A | B | N |
| | 20 | A | A | A | B | A | A | B | B |
| | 30 | A | A | A | B | A | A | B | B |

λ:波长（=声速/频率）
d:驱动元件间隔（间距）

N:阵列图案1
A:阵列图案2
B:阵列图案3

图 6

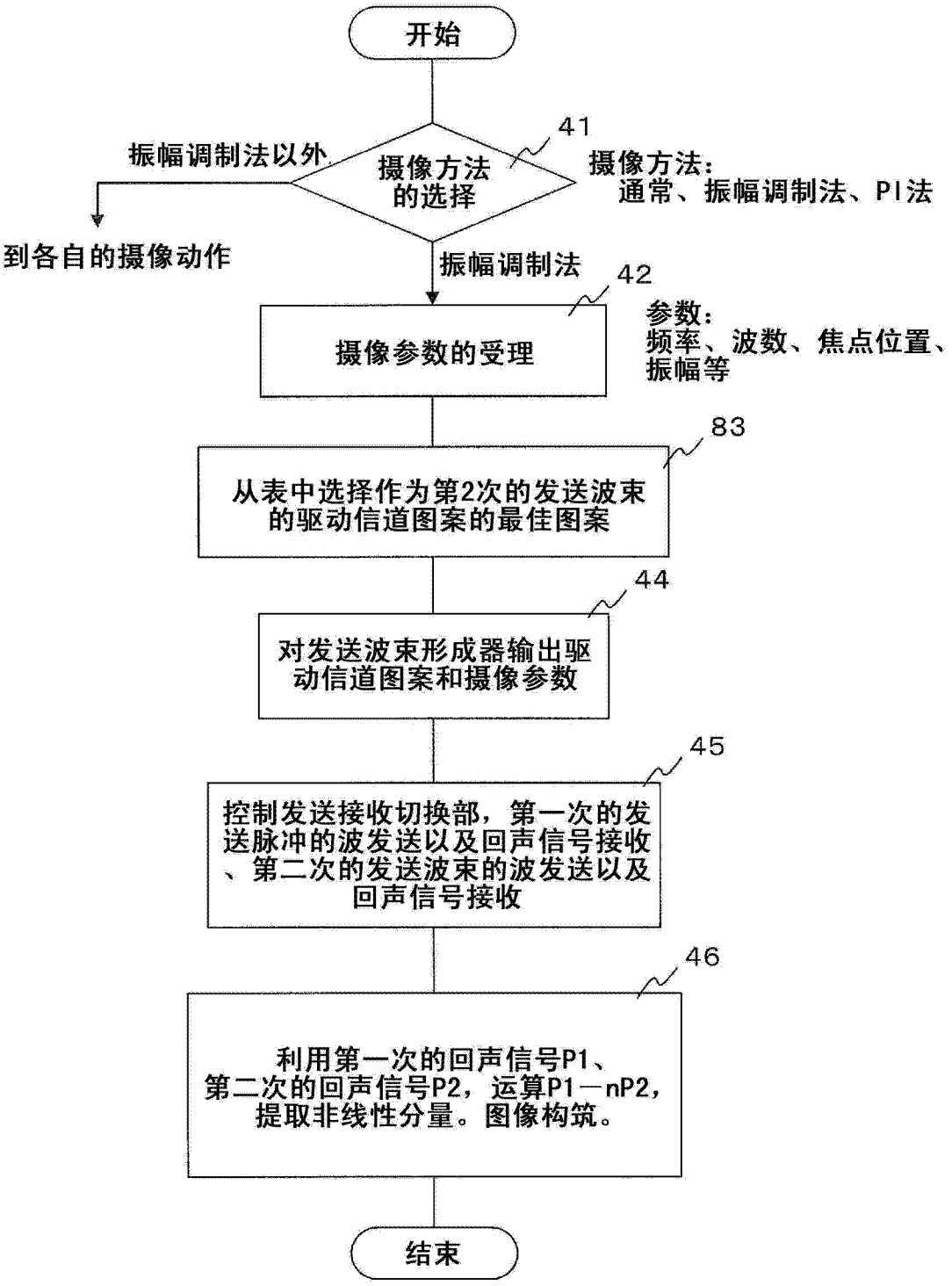

开始
41
摄像方法
的选择
振幅调制法以外
到各自的摄像动作
摄像方法：
通常、振幅调制法、PI法
振幅调制法
42
摄像参数的受理
参数：
频率、波数、焦点位置、
振幅等
83
从表中选择作为第2次的发送波束
的驱动信道图案的最佳图案
44
对发送波束形成器输出驱
动信道图案和摄像参数
45
控制发送接收切换部，第一次的发
送脉冲的波发送以及回声信号接收
、第二次的发送波束的波发送以及
回声信号接收
46
利用第一次的回声信号P1、
第二次的回声信号P2，运算P1－nP2，
提取非线性分量。图像构筑。
结束

图 7

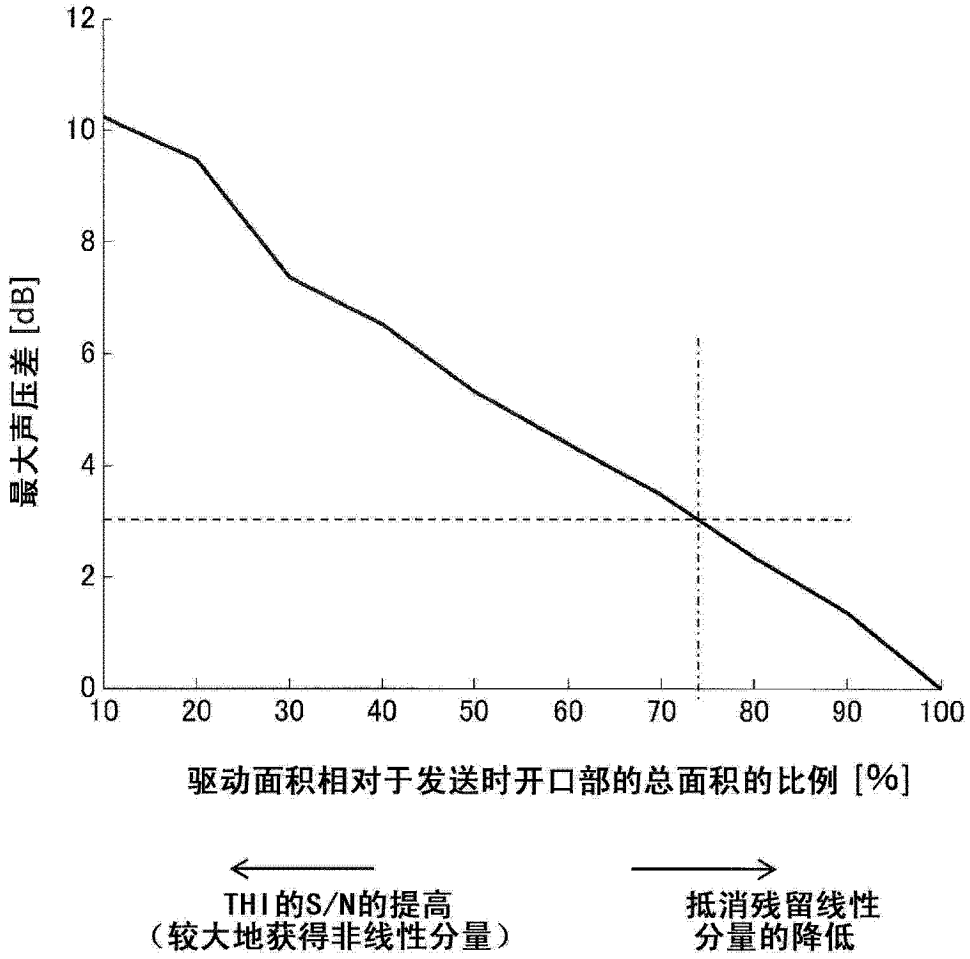

12
10
8
6
4
2
0
最大声压差 [dB]
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
驱动面积相对于发送时开口部的总面积的比例 [%]
THI的S/N的提高
（较大地获得非线性分量）
抵消残留线性
分量的降低

图 8

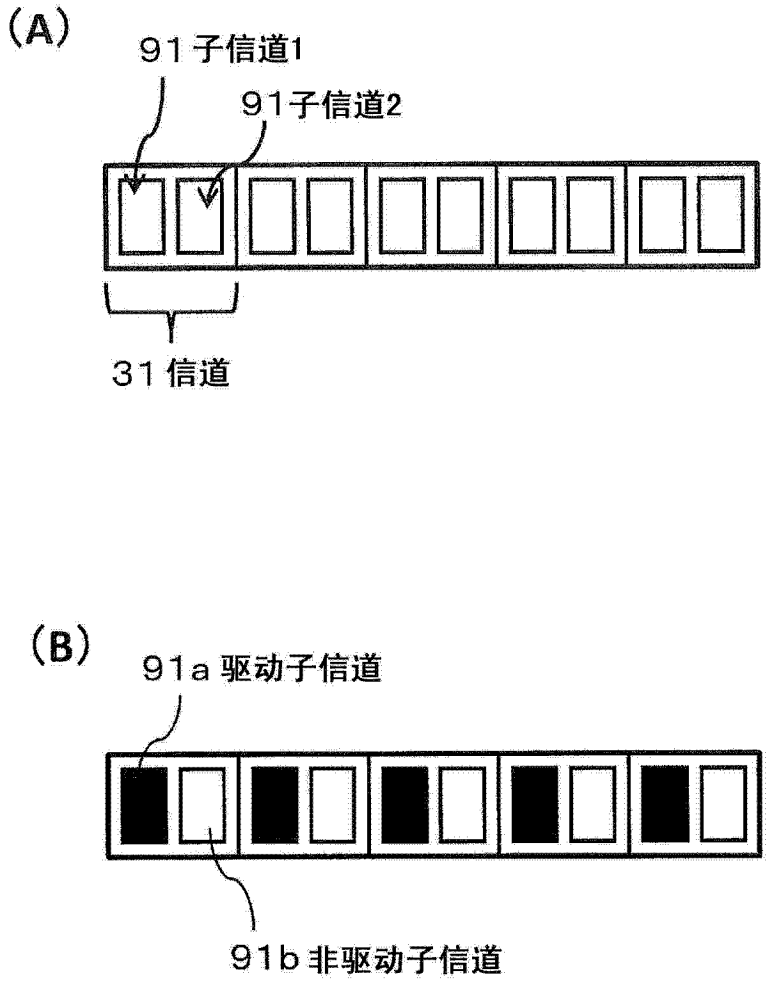



图 9

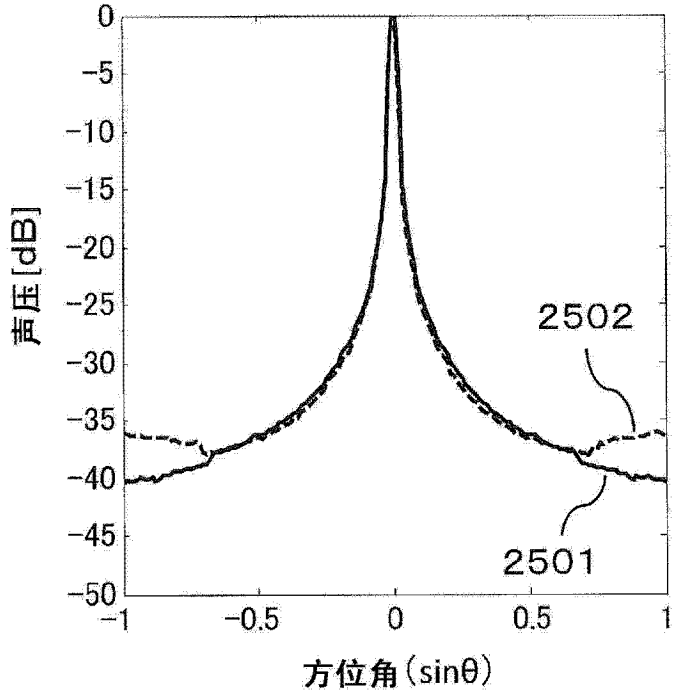
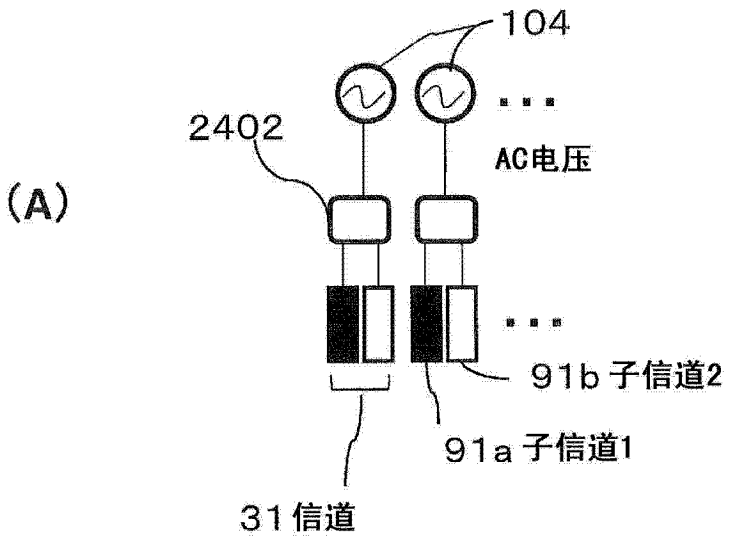



图 10


(A)
104
2402
AC电压
91b 子信道2
91a 子信道1
31 信道

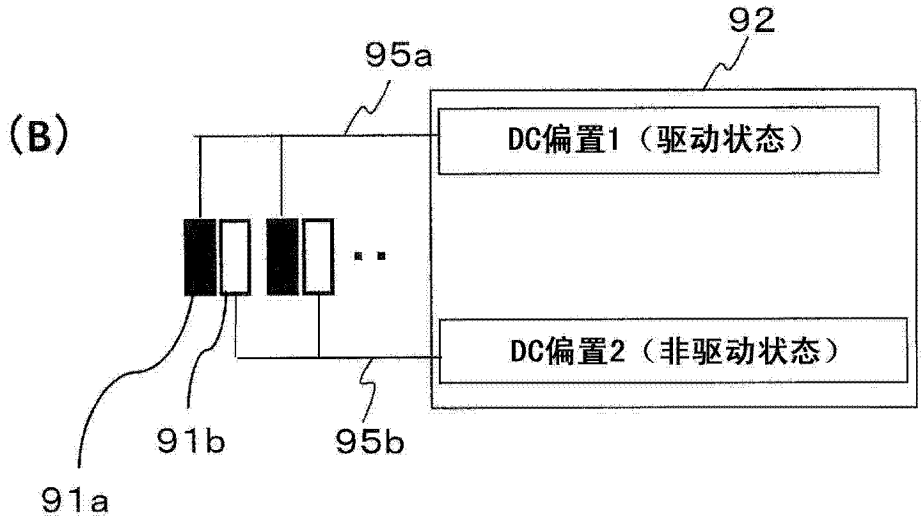

(B)
92
95a
DC偏置1（驱动状态）
DC偏置2（非驱动状态）
91b
95b
91a

图 11

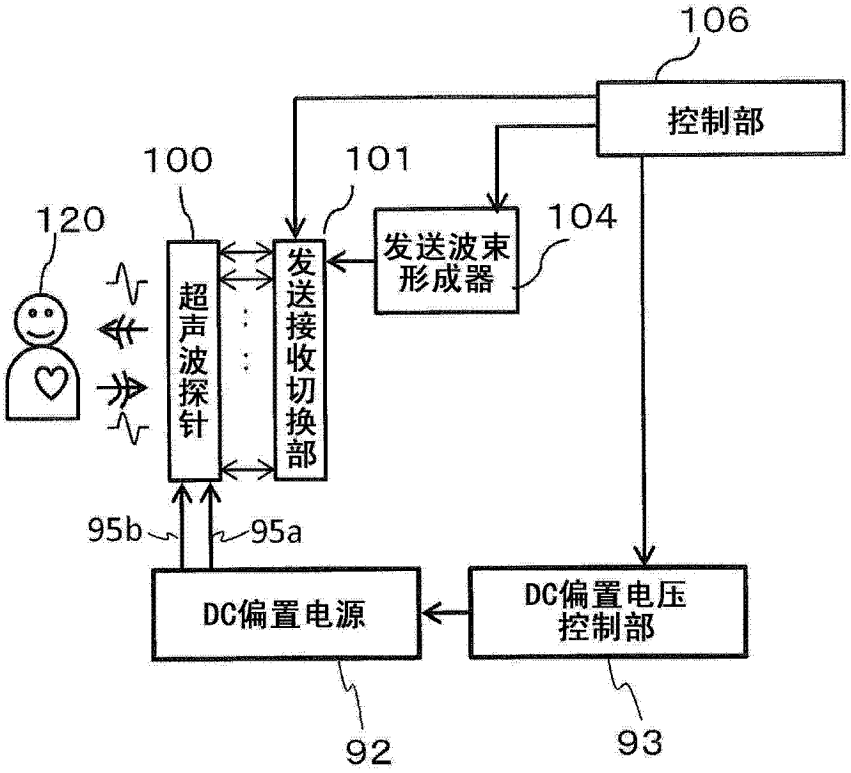

106
控制部
100
101
120
104
发送波束
形成器
超声波探针
发送接收切换部
95b
95a
DC偏置电源
DC偏置电压
控制部
92
93

图 12

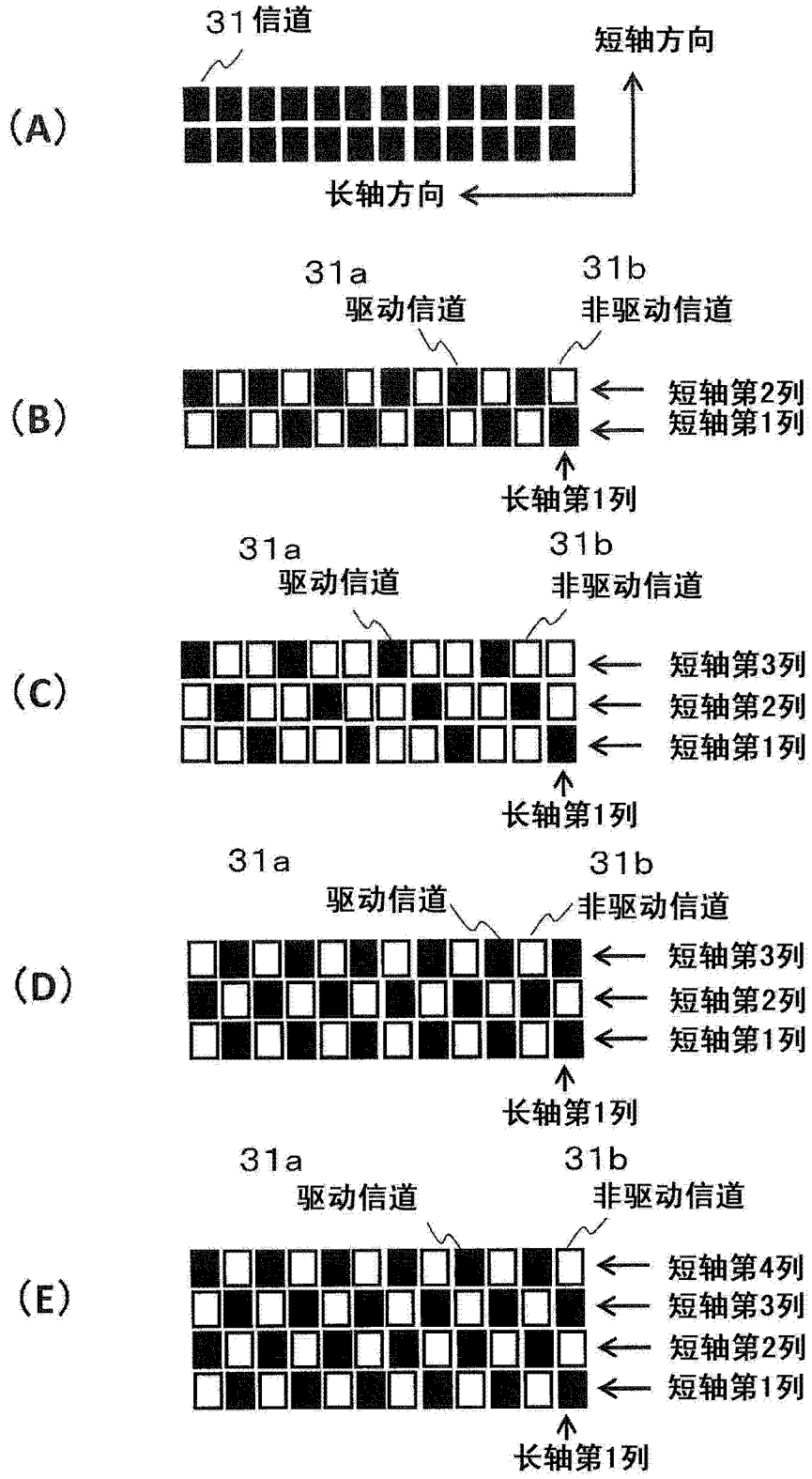

(A)
31信道
短轴方向
长轴方向
(B)
31a
驱动信道
31b
非驱动信道
短轴第2列
短轴第1列
长轴第1列
(C)
31a
驱动信道
31b
非驱动信道
短轴第3列
短轴第2列
短轴第1列
长轴第1列
(D)
31a
驱动信道
31b
非驱动信道
短轴第3列
短轴第2列
短轴第1列
长轴第1列
(E)
31a
驱动信道
31b
非驱动信道
短轴第4列
短轴第3列
短轴第2列
短轴第1列
长轴第1列

图 13

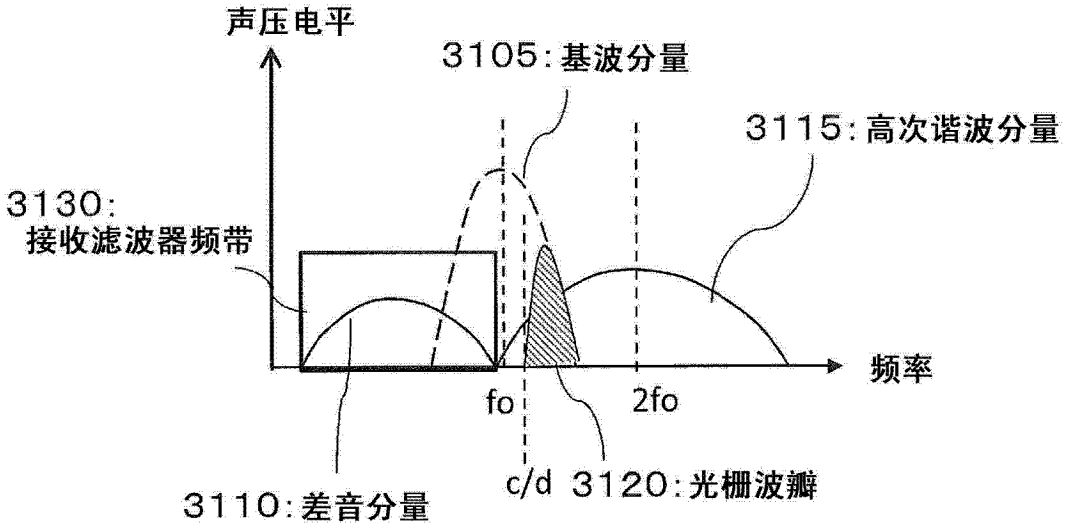

声压电平
3105:基波分量
3115:高次谐波分量
3130:
接收滤波器频带
频率
fo
2fo
c/d
3120:光栅波瓣
3110:差音分量

图 14

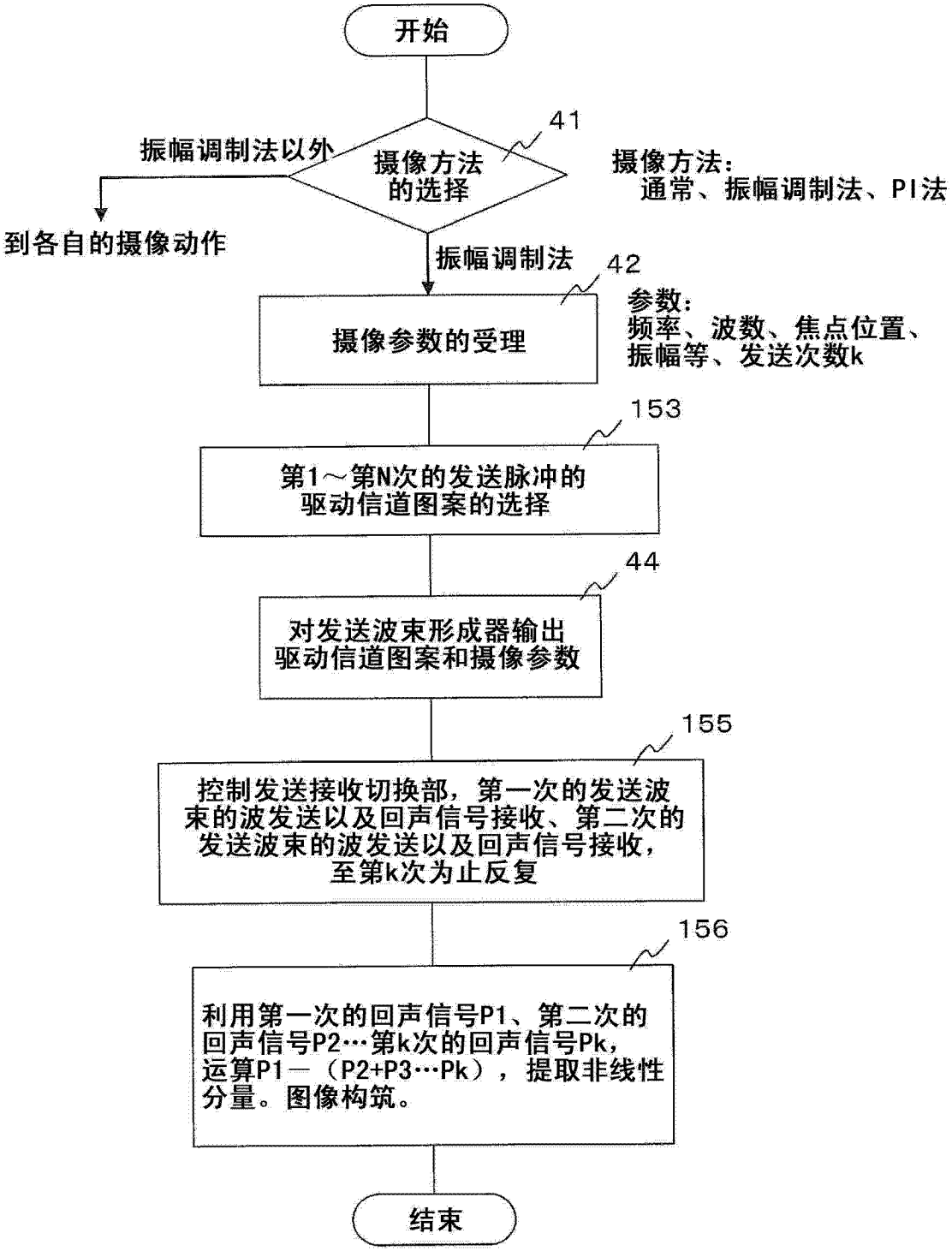

开始
41
振幅调制法以外
摄像方法的选择
摄像方法：
通常、振幅调制法、PI法
到各自的摄像动作
振幅调制法
42
摄像参数的受理
参数：
频率、波数、焦点位置、
振幅等、发送次数k
153
第1～第N次的发送脉冲的
驱动信道图案的选择
44
对发送波束形成器输出
驱动信道图案和摄像参数
155
控制发送接收切换部，第一次的发送波
束的波发送以及回声信号接收、第二次的
发送波束的波发送以及回声信号接收，
至第k次为止反复
156
利用第一次的回声信号P1、第二次的
回声信号P2…第k次的回声信号Pk，
运算P1－（P2+P3…Pk），提取非线性
分量。图像构筑。
结束

图 15

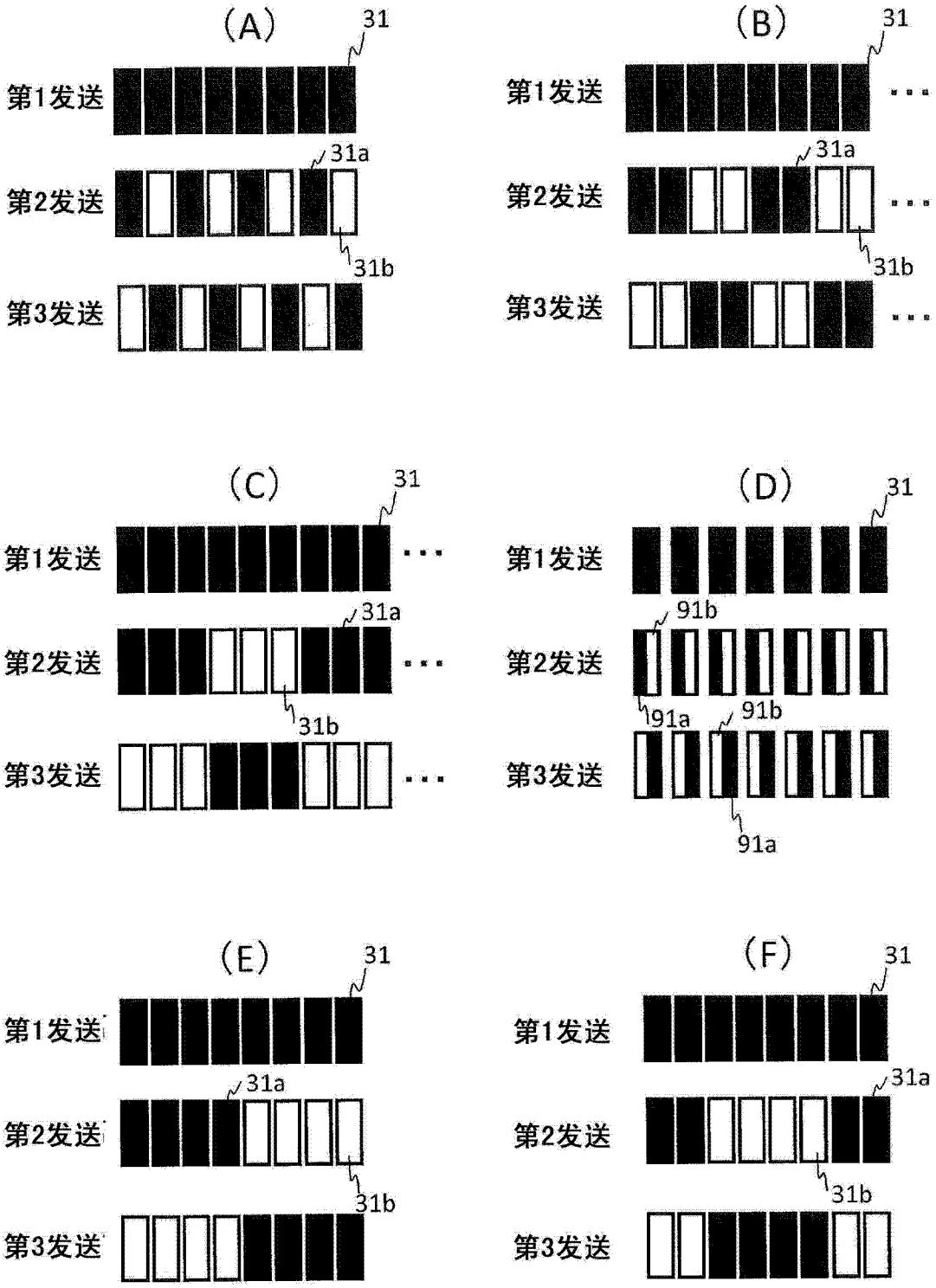

(A)
31
第1发送
31a
第2发送
31b
第3发送
(B)
31
第1发送
31a
第2发送
31b
第3发送
(C)
31
第1发送
31a
第2发送
31b
第3发送
(D)
31
第1发送
91b
第2发送
91a
91b
第3发送
91a
(E)
31
第1发送
31a
第2发送
31b
第3发送
(F)
31
第1发送
31a
第2发送
31b
第3发送

图 16

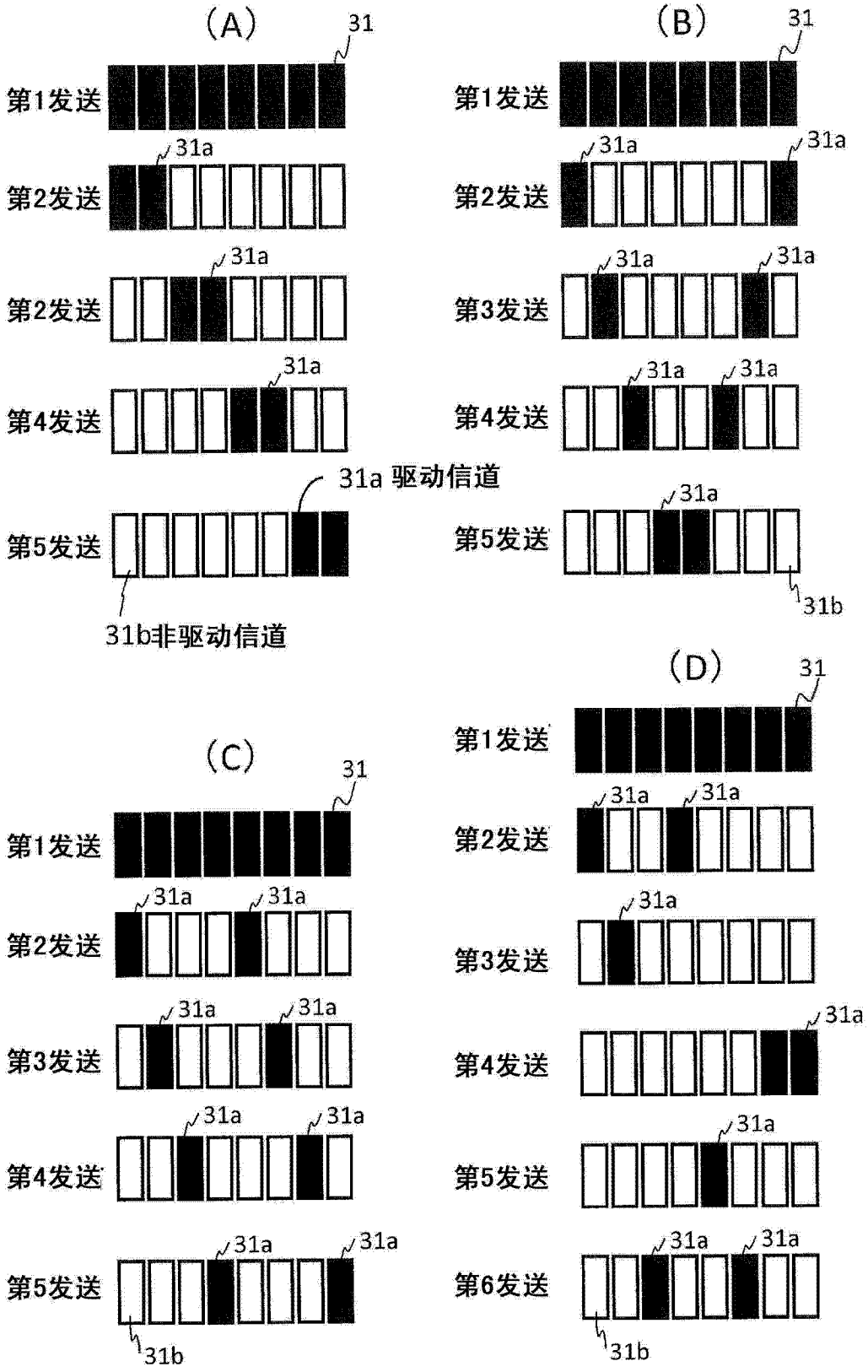

(A)
31
第1发送
31a
第2发送
31a
第2发送
31a
第4发送
31a 驱动信道
第5发送
31b非驱动信道
(B)
31
第1发送
31a
31a
第2发送
31a
31a
第3发送
31a
31a
第4发送
31a
第5发送
31b
(C)
31
第1发送
31a
31a
第2发送
31a
31a
第3发送
31a
31a
第4发送
31a
31a
第5发送
31b
(D)
31
第1发送
31a
31a
第2发送
31a
第3发送
31a
第4发送
31a
第5发送
31a
31a
第6发送
31b

图 17

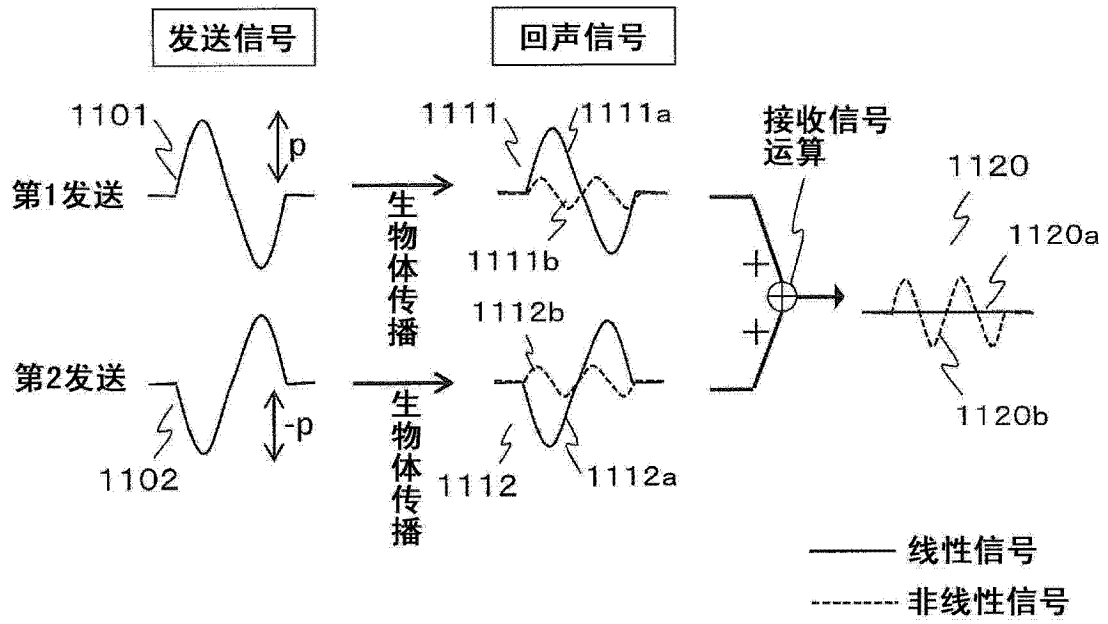

发送信号
回声信号
1101
p
第1发送
1111
1111a
1111b
接收信号
运算
1120
1120a
生物体传播
1112b
第2发送
-p
1102
1112
1112a
1120b
线性信号
非线性信号

图 18

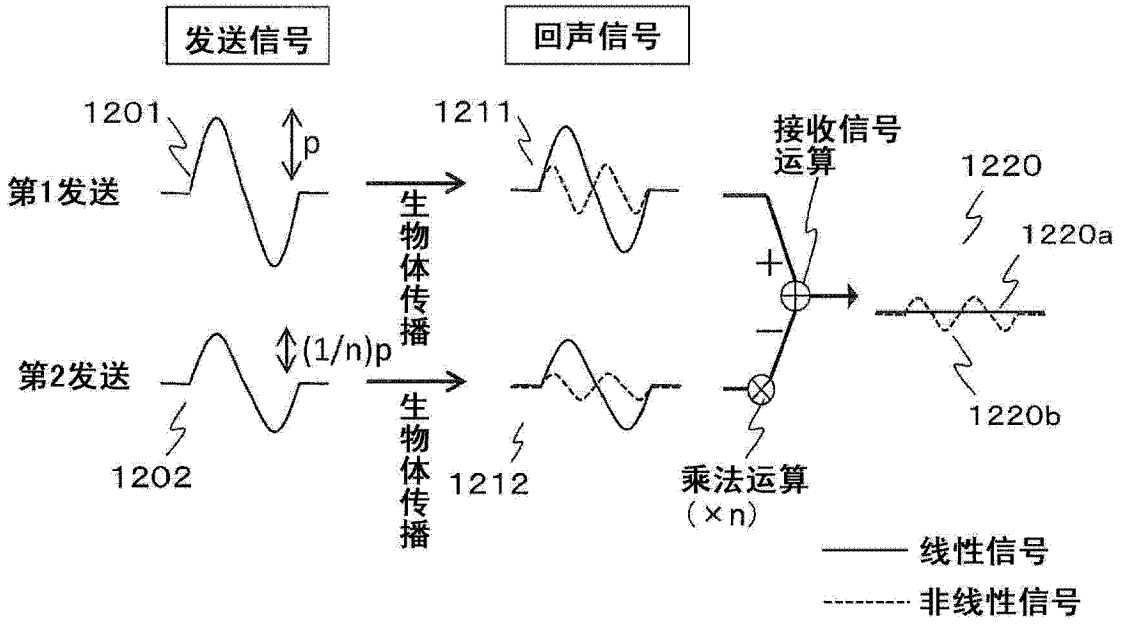
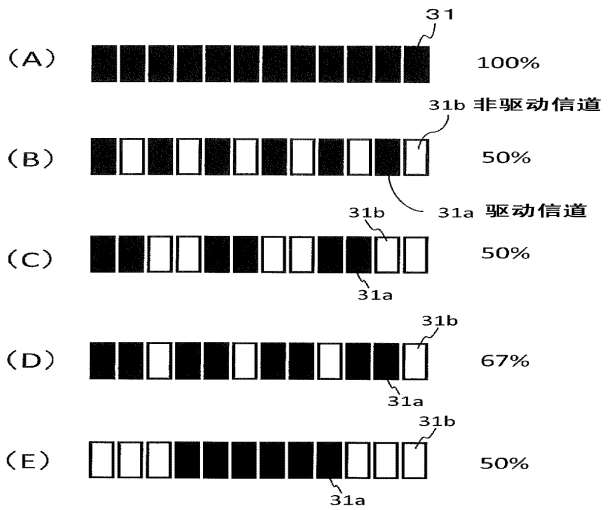

发送信号
回声信号
1201
p
第1发送
1211
接收信号
运算
1220
1220a
生物体传播
(1/n)p
第2发送
1202
1212
乘法运算
(×n)
1220b
线性信号
非线性信号

图 19

| | | | |
|---|---|---|---|
| 专利名称(译) | 超声波摄像装置 | | |
| 公开(公告)号 | CN103327903A | 公开(公告)日 | 2013-09-25 |
| 申请号 | CN201280006196.4 | 申请日 | 2012-01-20 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 株式会社日立医药 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 株式会社日立医疗器械 | | |
| 当前申请(专利权)人(译) | 株式会社日立制作所 | | |
| [标]发明人 | 石原千鹤枝<br>桥场邦夫<br>田中宏树<br>佐光晓史<br>竹中智子 | | |
| 发明人 | 石原千鹤枝<br>桥场邦夫<br>田中宏树<br>佐光晓史<br>竹中智子 | | |
| IPC分类号 | A61B8/00 | | |
| CPC分类号 | A61B8/14 A61B8/48 A61B8/5207 A61B8/54 G01S7/52038 G01S7/52047 G01S15/8927 | | |
| 优先权 | 2011094418 2011-04-20 JP | | |
| 其他公开文献 | CN103327903B | | |
| 外部链接 | Espacenet SIPO | | |


摘要(译)

即使在利用了非线性性高的电声变换元件的情况下，也能进行提取了更多的非线性分量后的非线性成像。使得从发送部对摄像对象的相同位置发送两次超声波波束，并使信号处理部对每两次发送所获得的接收信号进行运算，且使得提取出接收信号中所含的非线性分量。两次发送之中，其中一次由发送部向多个电声变换元件的全部传递发送信号进行驱动，另外一次选择性地仅对多个电声变换元件之中的一部分传递发送信号进行驱动。