



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104955400 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201480007004. 0

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 01. 31

A61B 8/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

2013-019787 2013. 02. 04 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 07. 31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2014/052315 2014. 01. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/119746 JA 2014. 08. 07

(71) 申请人 日立阿洛卡医疗株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 石原千鹤枝 田中宏树 桥场邦夫

栗原浩

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

公司 11243

代理人 范胜杰 文志

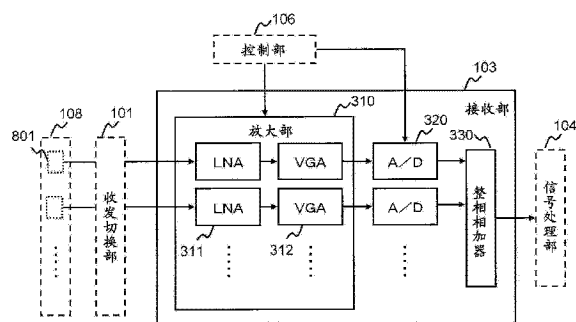
权利要求书3页 说明书18页 附图11页

(54) 发明名称

超声波拍摄装置以及超声波拍摄方法

(57) 摘要

提供一种在使用了 THI 的振幅调制法的超声波拍摄中,高精度地只抽出非线性成分,得到高质量的图像的技术。使因模拟放大造成的电气失真对声压等级不同的超声波的回波信号的影响大致等同,高精度地去除基波成分,高精度地只抽出非线性成分。例如,通过控制放大部的放大率,使上述影响等同。另外,通过使用滤波器对数字数据进行修复,来使上述影响等同。



1. 一种超声波拍摄装置,其特征在于,具备:

发送部,其经由超声波探头向拍摄对象的预定位置多次发送超声波波束;

接收处理部,其经由上述超声波探头按照预先确定的通道单位分别接收来自上述拍摄对象的上述超声波波束的回波,在模拟放大后,抽出非线性成分;

图像处理部,其使用上述非线性成分构筑上述拍摄对象的图像;以及

控制部,其控制上述接收处理部和上述发送部,

在上述多次发送中,包含一次以预先确定的设定振幅发送上述超声波波束的非调制发送,

上述控制部控制上述接收处理部,使得因上述模拟放大造成的对回波的影响在上述非调制发送的回波和该非调制发送以外的发送即调制发送的回波之间大致一致。

2. 根据权利要求 1 所述的超声波拍摄装置,其特征在于,

上述接收处理部具备对上述接收到的回波进行上述模拟放大的放大部,

上述控制部通过控制上述放大部的放大率,使因上述模拟放大造成的对回波的影响大致一致。

3. 根据权利要求 1 所述的超声波拍摄装置,其特征在于,

上述接收处理部具备:

模拟数字变换部,其对上述模拟放大后的上述回波进行数字变换,得到数字数据;以及
滤波器,其对上述数字数据进行滤波处理,

上述滤波器具有与因上述模拟放大造成的电气失真大致等同的传递函数,

上述控制部通过控制上述滤波处理的执行,使因上述模拟放大造成的对回波的影响大致一致。

4. 根据权利要求 2 所述的超声波拍摄装置,其特征在于,

上述控制部控制上述放大部对上述调制发送的回波的放大率,使得通过该放大部放大后的波形失真与上述非调制发送的回波放大后的波形失真大致等同。

5. 根据权利要求 3 所述的超声波拍摄装置,其特征在于,

上述控制部使上述滤波器对从上述调制发送的回波得到的数字数据执行上述滤波处理。

6. 根据权利要求 2 所述的超声波拍摄装置,其特征在于,

作为第一次的发送,上述发送部进行上述非调制发送,

上述接收处理部还具备检测部,其检测上述非调制发送的回波的振幅,

上述控制部在上述检测部检测出的振幅为预先确定的阈值以上的情况下,控制上述放大率。

7. 根据权利要求 2 所述的超声波拍摄装置,其特征在于,

上述接收处理部还具备:

模拟数字变换部,其将上述模拟放大后的回波变换为数字数据;以及
数字增益,其对上述数字数据进行数字放大,

上述控制部控制上述数字增益,以便把从上述放大部的放大率被设为预先确定的设定放大率的 k 倍而放大后的回波得到的数字数据放大为 $1/k$ 倍,其中 k 为实数。

8. 根据权利要求 1 所述的超声波拍摄装置,其特征在于,

上述接收处理部具备：

模拟数字变换部，其将上述模拟放大后的回波变换为数字数据；

整相相加器，其对每个上述通道的数字数据进行整相相加，得到接收波束；以及

信号处理部，其对上述接收波束进行运算处理，抽出上述非线性成分。

9. 根据权利要求 1 所述的超声波拍摄装置，其特征在于，

上述接收处理部具备：

模拟数字变换部，其将上述模拟放大后的回波变换为数字数据；

通道存储器，其对每个上述通道保存上述数字数据；

运算器，其对保存在上述通道存储器中的数字数据实施运算处理，对每个上述通道抽出上述非线性成分；以及

整相相加器，其对上述抽出的每个通道的非线性成分进行整相相加。

10. 根据权利要求 3 所述的超声波拍摄装置，其特征在于，

上述接收处理部还具备：

通道存储器，其对每个上述通道保存上述数字数据；

整相相加器，其对上述滤波处理后的数字数据进行整相相加，得到接收波束；以及

信号处理部，其对上述接收波束实施运算处理，抽出上述非线性成分。

11. 根据权利要求 1 所述的超声波拍摄装置，其特征在于，

上述发送部通过驱动上述超声波探头所具备的多个电声转换元件，来生成上述超声波波束，

上述控制部控制上述发送部，以便在上述非调制发送时，对上述多个电声转换元件中的成为预定面积的全部电声转换元件进行驱动，在上述调制发送时，按照上述通道单位选择性地仅驱动成为上述预定面积的电声转换元件中的一部分。

12. 根据权利要求 11 所述的超声波拍摄装置，其特征在于，

上述调制发送的次数为 1 次，

在上述调制发送时，驱动在上述非调制发送时驱动的电声转换元件的 $1/2$ 的电声转换元件。

13. 根据权利要求 11 所述的超声波拍摄装置，其特征在于，

上述调制发送的次数为 2 次，

从在上述非调制发送时驱动的电声转换元件中，在各发送之间排他地选择在上述 2 次的调制发送时选择的上述电声转换元件。

14. 根据权利要求 1 所述的超声波拍摄装置，其特征在于，

上述接收处理部计算从以预定的调制系数放大后的调制发送的回波得到的数字数据的平均值，由从上述非调制发送的回波得到的数字数据减去所得到的平均值，由此抽出上述非线性成分，

上述预定的调制系数是调制发送的超声波波束的振幅相对于设定振幅的比的倒数。

15. 一种超声波拍摄方法，其特征在于，

进行以预先设定的设定振幅向拍摄对象的预定位置发送超声波波束的一次非调制发送以及以对上述设定振幅进行调制后得到的振幅向拍摄对象的预定位置发送上述超声波波束的一次以上的调制发送，分别得到回波，

使因模拟放大造成的电气失真的影响在上述非调制发送的回波和上述调制发送的回波之间大致一致，

从得到的结果中抽出非线性成分，

由上述抽出的非线性成分构成上述拍摄对象的图像。

超声波拍摄装置以及超声波拍摄方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声波拍摄装置的拍摄（成像）技术，特别涉及非线性成像技术。

背景技术

[0002] 使用了超声波的成像根据向物体照射的超声波的反射波（回波），生成图像数据、时序数据。超声波一边在物体中前进一边在音响阻抗不同的边界被一部分反射，产生与阻抗的差相关的强度的回波，因此能够将该边界面显示为断层图像。这时，由于声压高的部分快速前进声压低的部分慢速前进这样的声波的特性，产生波形失真。

[0003] 由此该波形失真，除了照射声波的基波成分以外，生成由高次谐波、差频波构成的非线性成分。与将还包含基波成分的全部回波用于图像化的通常拍摄法相比，如果只将非线性成分用于图像化，则能够进一步强调成像的明暗的差，能够得到分辨率高的图像。将这样的拍摄生物组织的非线性成分的成像称为 THI (Tissue harmonic imaging: 组织谐波成像)。

[0004] 在 THI 中，对于从回波抽出非线性成分的方法，有被称为振幅调制法的方法（例如参照专利文献 1）。一般，基波成分与振幅成正比，作为波形失真成分生成的非线性成分与所发送的基波声压的振幅的平方成正比。振幅调制法是利用它抵消基波成分的方法。具体地说，使第二次发送的声压等级（振幅）为第一次发送的 $1/k$ (k 为 1 以上的整数)，使其回波为 k 倍，从第一次发送的回波中减去，由此得到除去了基波成分的接收信号（接收波束）。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献 1：日本特开 2001-353155 号公报

发明内容

[0007] 解决问题的方案

[0008] 在振幅调制法中，如上述那样，以相同的波形发送声压等级（振幅）为 k 倍不同的 2 种超声波，接收它们 2 个的回波，通过运算处理抽出非线性成分。在运算处理之前，将各回波变换为电信号（回波信号），在模拟电路中通过前置放大器等放大。一般，放大器的保持输出电压相对于输入电压的线性的范围（线性范围）有限。因此，如果比线性范围大的电压的输入信号通过前置放大器，则输出信号的波形失真或饱和 (clip)。

[0009] 因此，当使用振幅调制法时，有时只有与振幅大的超声波对应地得到的回波超过放大器的线性范围，波形失真或饱和。如果通过模拟电路收到电气失真，则通过前置放大器后的 2 个回波信号的振幅比不是发送时的振幅比。在振幅调制法的后级的运算处理中，以 2 个接收信号为发送时的振幅比为前提进行运算。因此，无法正确地进行运算，无法从最终得到的接收波束精度良好地抽出非线性成分。

[0010] 本发明就是鉴于上述情况而提出的，其目的在于：提供一种技术，其在使用了 THI 的振幅调制法的超声波拍摄中，高精度地只抽出非线性成分，得到高质量的图像。

[0011] 解决问题的方案

[0012] 在超声波拍摄的 THI 的振幅调制法中,使因模拟放大造成的电气失真对于声压等级不同的超声波的回波信号的信号波形的影响大致相同,高精度地抽出非线性成分。

[0013] 具体地说,提供一种超声波拍摄装置,其特征在于,具备:发送部,其经由超声波探头向拍摄对象的预定位置多次发送超声波波束;接收处理部,其经由上述超声波探头按照预先确定的通道单位分别接收来自上述拍摄对象的上述超声波波束的回波,在模拟放大后,抽出非线性成分;图像处理部,其使用上述非线性成分构筑上述拍摄对象的图像;控制部,其控制上述接收处理部和上述发送部,在上述多次发送中,包含一次以预先确定的设定振幅发送上述超声波波束的非调制发送,上述控制部控制上述接收处理部,使得因上述模拟放大造成的对回波的影响在上述非调制发送的回波和该非调制发送以外的发送即调制发送的回波之间大致一致。

[0014] 另外,提供一种超声波拍摄方法,进行以预先设定的设定振幅向拍摄对象的预定位置发送超声波波束的一次非调制发送以及以对上述设定振幅进行调制后得到的振幅向拍摄对象的预定位置发送上述超声波波束的一次以上的调制发送,分别得到回波,使因模拟放大造成的电气失真的影响在上述非调制发送的回波和上述调制发送的回波之间大致一致,从得到的结果中抽出非线性成分,由上述抽出的非线性成分构成上述拍摄对象的图像。

[0015] 发明效果

[0016] 在使用了 THI 的振幅调制法的超声波拍摄中,能够高精度地只抽出非线性成分,得到高质量的图像。

附图说明

[0017] 图 1 是表示第一实施方式的超声波拍摄装置的整体结构的框图。

[0018] 图 2(a) 是用于说明第一实施方式的超声波探头 108 的说明图,(b) 是第一实施方式的信号处理部的框图。

[0019] 图 3 是第一实施方式的接收部的框图。

[0020] 图 4(a) ~ (d) 是用于说明第二次发送时的基于振幅调制法的 THI 的说明图。

[0021] 图 5 是第一实施方式的 THI 的流程图。

[0022] 图 6 是第二实施方式的接收部的框图。

[0023] 图 7 是第二实施方式的 THI 的流程图。

[0024] 图 8 是第三实施方式的接收部的框图。

[0025] 图 9 是第四实施方式的接收部的框图。

[0026] 图 10 是第五实施方式的接收部的框图。

[0027] 图 11(a) ~ (c) 是用于说明本发明的实施方式的其他振幅调制方法的说明图。

具体实施方式

[0028] (第一实施方式)

[0029] 说明应用本发明的第一实施方式。以下,在用于说明各实施方式的全部图中,在没有特别限定的情况下,基本上具有相同功能的部分附加相同符号,省略其重复的说明。

[0030] 首先,说明本实施方式的超声波拍摄装置 100 的整体结构。图 1 是表示本实施方

式的超声波拍摄装置 100 的概要结构的框图。本实施方式的超声波拍摄装置 100 具备收发切换部 101、发送部（发送波束形成器）102、接收处理部 105、图像处理部 107、超声波探头 108。另外，作为接受来自用户的指示、各种参数的输入的接口，还具备用户接口（UI）121、显示处理结果的显示部 122。

[0031] 超声波探头 108 具备多个具有从电信号向声波转换、从声波向电信号转换的功能的电声转换元件（振子）。这些电声转换元件以预定的排列在超声波探头 108 上排列为二维或三维来构成超声波收发面。超声波探头 108 被作成适合于使超声波收发面与拍摄对象 120 接触来使用的外形。

[0032] 排列的多个电声转换元件如图 2(a) 所示，虚拟或物理地分割为预先确定的多个通道 801。各通道 801 由一个或多个电声转换元件构成。

[0033] 发送部 102 向超声波探头 108 的多个电声转换元件转交发送信号，以通道 801 为单位进行驱动，向拍摄对象 120 的预定位置发送超声波波束。发送部 102 依照来自控制部 106 的指示，决定波形种类、每个通道 801 的延迟时间、振幅调制、加权等，生成发送波形（发送信号），将其转交给收发切换部 101。此外，控制部 106 依照经由 UI121 从用户接收到的参数（发送频率、波数、发送波焦点位置、振幅等），发送指示。

[0034] 由此，从发送部 102 针对每个通道 801 输出具有与发送波焦点相符的延迟时间的发送信号，经由收发切换部 101 发送到构成超声波探头 108 的各通道 801 的电声转换元件。

[0035] 各电声转换元件将发送信号转换为声波。通过从各电声转换元件发出声波（发送脉冲），在用户设定的焦点位置形成将焦点连接起来的声场（超声波波束或发送波束）。

[0036] 在本实施方式中，实现 THI 的振幅调制法。因此，本实施方式的发送部 102 经由超声波探头 108 多次向拍摄对象的预定位置以相同的波形发送声压等级（振幅）不同的超声波波束。

[0037] 被拍摄对象 120 反射的超声波波束（发送波束）的回波通过超声波探头 108 的各电声转换元件接收，转换为电信号（接收信号）。将各个电声转换元件的接收信号经由收发切换部 101 转交给接收处理部 105。

[0038] 接收处理部 105 经由超声波探头 108 以预先确定的通道 801 为单位，分别接收来自拍摄对象 120 的超声波波束的回波，在进行模拟放大后，对该接收信号进行数字变换，由此得到数字数据，抽出在所得到的数字数据中包含的非线性成分。

[0039] 本实施方式的接收处理部 105 如图 1 所示，具备：接收部（接收波束形成器）103，其对每个通道 801 的数字数据进行整相相加而得到接收波束；信号处理部 104，其对接收波束进行运算处理，抽出非线性成分。

[0040] 接收部 103 在对通过超声波探头 108 的多个电声转换元件接收到的接收信号实施了模拟信号处理后，进行数字变换，生成接收波束。在模拟信号处理中进行信号放大。因此，接收部 103 如图 3 所示，具备：模拟电路（放大部）310，其对接收到的回波进行模拟放大（或衰减）；模拟数字变换电路（模拟数字变换部、A/D 变换部）320，其将模拟放大后的回波变换为数字数据；整相相加器 330。整相相加器 330 分别对每个通道 801 的数字数据赋予与焦点对应的延迟时间并进行相加，由此生成接收波束。

[0041] 在本实施方式中，对超声波探头 108 的每个通道设置放大部 310 和 A/D 变换部 320。另外，在放大部 310 中例如具备 LNA311、VGA312 等放大器。根据来自控制部 106 的控

制信号控制放大部 310 所具备的各放大器的放大率。放大部 310 例如只在从控制部 106 接收控制信号使其变更为预先确定的放大率的期间,将放大率变更为通过该控制信号指定的放大率。

[0042] 信号处理部 104 对从接收部 103 接收到的信号(接收波束)进行放大处理、滤波处理、信号运算处理。因此,如图 2(b) 所示,具备存储器 401、进行信号运算处理的运算处理部 402、进行滤波处理的滤波处理部 403。与用户经由用户接口 121 设定的 TGC(Time Gain Compensation:时间增益补偿)或放大率等对应地进行放大处理。另外,根据需要,将接收波束暂时存储在存储器 401 中。将来自信号处理部 104 的输出转交给图像处理部 107。

[0043] 图像处理部 107 使用作为来自信号处理部 104 的输出的非线性成分,构筑图像数据、时序数据。将构筑的图像数据、时序数据输出到显示部 122 来进行显示。

[0044] 控制部 106 控制发送部 102、接收处理部 105、图像处理部 107 的动作。在本实施方式中,控制部 106 通过向这些各部发送控制信号来控制动作,实现 THI。将在后面说明本实施方式的控制部 106 的控制的详细内容。

[0045] 控制部 106 具备 CPU、存储器、存储装置,通过由 CPU 将存储在存储装置中的程序加载到存储器中来执行程序,实现上述各功能。

[0046] 可以将超声波拍摄装置 100 的除了超声波探头 108 以外的其他结构作为主体装置安装在与超声波探头 108 不同的机箱中。另外,也可以将一部分结构配置在超声波探头 108 内。

[0047] 在说明本实施方式的控制部 106 的控制之前,先说明通过本实施方式的超声波拍摄装置 100 实现的 THI 的振幅调制法。

[0048] 在振幅调制法中,向同一拍摄部位进行多次的超声波波束的发送,保存各发送的回波(接收信号),根据保存的多个接收信号生成预先确定的拍摄区域的图像数据。以下,例举发送次数为 2 次的情况进行说明。

[0049] 在振幅调制法中,如图 4(a) 和图 4(b) 所示,在第一次的发送(第一发送)中,将发送信号 511 的振幅设定为预先确定的振幅(设定振幅) p ,发送超声波波束。在第二次发送(第二发送)中,将发送信号 521 的振幅调制为设定振幅 p 的 $1/k$ (k 为满足 $k>1$ 的实数)倍,发送超声波波束。以后,将发送信号的振幅是设定振幅 p 的发送(第一发送)称为非调制发送,将发送信号的振幅是对设定振幅进行调制后的振幅的发送(第二发送)称为调制发送。另外, $1/k$ 是根据调制发送时的发送信号 521 生成的超声波波束相对于根据非调制发送时的发送信号 511 生成的超声波波束的振幅比。此外, k 也被称为调制系数。

[0050] 将通过各发送得到的接收信号(回波)分别设为非调制接收信号 512、调制接收信号 522。此外,将发送信号的基波成分的中心频率设为 f_0 。在该情况下,非线性成分的主要的中心频率是 $2f_0$ 。

[0051] 与回波的声压等级(振幅)的平方成正比地生成非线性成分。因此,如图 4(b) 所示,调制接收信号 522 的非线性成分 522b 的振幅为非调制接收信号 512 的非线性成分 512b 的振幅 p 的 $1/k^2$,从调制接收信号 522 的非线性成分的生成率比从非调制接收信号 512 的该生成率小。另外,根据能量守恒定律,与生成的非线性成分 522b、512b 对应地,作为原来的信号成分的基波频带成分 512a、522a 的能量减少。

[0052] 在振幅调制法中,在运算处理部 402 中,进行乘法处理、即乘以调制系数 k 使得调

制接收信号 522 的能量与非调制接收信号 512 的能量一致,从非调制接收信号 512 减去该结果,抽出非线性成分为主体的声音失真成分 (THI 信号)。

[0053] 具体地说,进行图 4(c) 所示的运算处理 550,抽出非线性成分为主体的声音失真成分 (THI 信号) 540。在运算处理 550 中,进行使调制接收信号 522 成为 k 倍的乘法处理 551,生成在数值上使能量与非调制接收信号 512 相同的信号 523。然后,进行从非调制接收信号 512 减去生成的信号 523 的减法处理 552。

[0054] 此外,如图 4(d) 所示,该信号 523 的基波频带成分 523a 和非线性成分 523b 与非调制接收信号 512 的基波频带成分 512a 和非线性成分 512b 分别不同。这些 2 个频带的差异都是由于非线性传输而产生的。通过减法处理 552,不只是非线性成分的差 540b,还得到基波频带成分的差 540a 来作为声音失真成分 (THI 信号) 540。该声音失真成分 (THI 信号) 540 是与发送声波的声压振幅 p 的平方成正比的成分,根据该 THI 信号构筑图像,实现 THI。

[0055] 此外,在运算处理 550 中,乘法处理 551 也可以进行将非调制接收信号 512 乘以 $1/k$ 的乘法。

[0056] 一般,在通过模拟放大器进行模拟放大后,对变换为数字数据的数字数据进行运算处理 550。但是,模拟放大器的保持输出信号对于输入信号的线性的动态范围 (线性放大范围) 有限。如果输入信号的电压振幅超出各模拟放大器的线性放大范围,则输出信号的放大量、相位特性变形,输出信号的波形失真或饱和 (clip)。

[0057] 在非调制发送信号的振幅 p 与调制发送信号的振幅 p/k 有很大不同的情况下,只有振幅高的接收信号即非调制接收信号 512 的波形有很大失真,与设想的振幅不同。因此,通过模拟放大器后的非调制接收信号 512 和调制接收信号 522 之间的振幅比也与通过前的振幅比 ($1/k$) 不同。以非调制接收信号 512 为发送时的振幅比 ($1/k$) 为前提进行运算处理 550,因此如果振幅比与前提不同,则无法正确地进行运算。

[0058] 例如,在将放大部 310 的放大率设为 G 时,如果非调制接收信号 512 的振幅 p 和调制接收信号 522 的振幅 p/k 都在放大部 310 的线性放大范围内,则各个输出信号的振幅为 $p \times G$ 、 $p \times G/k$ 。另一方面,在非调制接收信号 512 的振幅 p 为放大部 310 的线性放大范围外、或达到输出限界的情况下,输出后的信号波形失真或饱和,由此非调制接收信号 512 的从放大部 310 的输出信号的振幅比设想小。即,通过放大部 310 后的非调制接收信号 512 的振幅比 $p \times G$ 小。因此,通过放大部 310 后得到的 2 个信号的振幅比不是 $1/k$ 。

[0059] 在这样的情况下,如果进行图 4(c) 所示的运算处理 550,则无法只取出非线性传输中的声音的波形的失真成分 (THI 信号) 540,残留有与 THI 信号无关的电气失真信号。

[0060] 在本实施方式中,为了避免该情况,控制部 106 控制接收处理部 105,以使因模拟放大造成的对于接收信号 (回波) 的信号波形的电气失真的影响在从非调制发送的回波得到的接收信号和从调制发送的回波得到的接收信号之间大致一致。在本实施方式中,通过控制放大部 310 的放大率来实现。

[0061] 具体地说,本实施方式的控制部 106 控制放大部 310 针对从调制发送的回波得到的接收信号的放大率,使得从调制发送的回波得到的接收信号在放大部 310 的放大后的波形失真与从非调制发送的回波得到的接收信号在放大部 310 的放大后的波形失真大致等同。

[0062] 例如,在图 4(a) 的例子中,控制调制接收信号 522 的放大率,使得调制接收信号 522 在放大部 310 的放大后的波形失真与非调制接收信号 512 在放大部 310 的放大后的波形失真大致等同。例如在图 4(a) 的例子,即在将调制发送时的超声波波束的振幅设为设定振幅 p 的 $1/k$ (k 为满足 $k>1$ 的实数) 的情况下,如上述那样,波形失真大致等同的放大率是设定放大率 G 的 k 倍。此外,设定放大率 G 是预先在放大部 310 中设定的放大率,是放大部 310 对非调制发送的回波的放大率。

[0063] 通过向放大部 310 发送来自控制部 106 的控制信号,来进行本控制。在没有从控制部 106 接收到控制信号的情况下,本实施方式的放大部 310 按照设定放大率放大接收信号。另一方面,如果从控制部 106 接收到控制信号,则通过遵照控制信号的放大率放大接收信号。

[0064] 此外,在本实施方式的信号处理部 104 的运算处理部 402 中,只进行减法处理 552,抽出非线性成分。这是因为上述的运算处理 550 的乘法处理 551 等同于将调制接收信号 522 的放大率设为设定放大率 G 的 k 倍的处理。

[0065] 在本实施方式中,在放大部 310 中,例如使 VGA312 的放大率变化。例如,在图 4(a) 的例子中,如果将 VGA312 对非调制接收信号 512 的放大率(设定放大率)设为 G_v ,则将 VGA312 对调制接收信号 522 的放大率设为 $k \times G_v$ 倍。结果,通过 VGA312 后的调制接收信号 522 成为具有与非调制接收信号 512 等同的电气失真或饱和的特征的信号波形。如果对这些信号进行减法处理 552,则抵消 VGA312 的电气失真成分,仅剩余在声波传输的过程中产生的声音失真成分(THI 信号)540。

[0066] 此外,放大部 310 的放大率的变更并不限于 VGA312。例如也可以在与前级连接的 LNA311 中进行。另外,在连接 VGA312、LNA311 以外的放大器的情况下,也可以通过其中任意的放大器进行。

[0067] 另外,以上例举通过 2 次的发送实现振幅调制法的情况进行了说明,但振幅调制法的发送次数并不限于 2 次。也可以是 N 次(N 为 3 以上的整数)。例如,如果将第一次设为非调制发送,将第二次及其以后设为调制发送,将非调制发送的振幅(设定振幅)设为 p ,将第 n 次(n 为 2 以上 N 以下的整数)的发送即调制发送的调制系数设为 k_n ($k_n>1$),则将该发送信号的振幅设定为 p/k_n 。此外,非调制发送并不限于第一次。

[0068] 此外,在运算处理 550 中,在使非调制接收信号的能量和调制接收信号的能量总和一致后,计算两者的差。因此,在发送次数为 N 次的情况下,为了使调制接收信号的能量总和一致,在进行各调制接收信号与调制系数 k_n 的乘法处理后,计算平均值。

[0069] 即,如果将第 n 次的接收信号的振幅(信号强度)设为 S_n ,则通过以下的公式(1)计算将调制接收信号乘以调制系数 k_n 的乘法处理 551。将乘法处理 551 的结果设为 SM 。另外,通过以下的公式(2)计算乘法处理结果的平均值运算处理。将平均值运算处理的结果设为 SA 。另外,如果将其结果设为 SS ,则通过以下的公式(3)计算最后的减法处理 552。

$$[0070] \quad SM = k_2 * S_2 + k_3 * S_3 + \dots + k_N * S_N \dots (1)$$

$$[0071] \quad SA = SM / (N-1) \dots (2)$$

$$[0072] \quad SS = S_1 - SA \dots (3)$$

[0073] 该 SS 是在声波传播过程中产生的声音失真成分(THI 信号)540。

[0074] 即,在发送次数为 N 次的情况下,计算从以调制系数 k_n 放大后的调制发送的回波

得到的数字数据的平均值,从由非调制发送的回波得到的数字数据减去所得到的值,由此抽出非线性成分。此外,调制系数 k_n 是调制发送的超声波波束的振幅相对于设定振幅的比的倒数。

[0075] 此外,在上述公式(1)中,乘以调制系数的处理也可以为将各接收信号乘以 $-k_n$ 的运算处理。在该情况下,公式(3)成为将 S_1 和 SA 进行相加的运算处理。

[0076] 因此,在发送次数为 N 次的情况下,控制部 106 在调制发送时,对每个回波的接收,向放大部 310 发送控制信号,控制放大率。具体地说,在放大调制系数为 k_n 的调制接收信号时,发送控制信号以使放大部 310 的放大率为 $k_n \times G$ 。此外, G 是放大部 310 的设定放大率。

[0077] 另外,信号处理部 104 只进行上述公式(2)的平均值运算处理和上述公式(3)的减法处理。

[0078] 此外,将非调制发送为第几次、各调制发送时的振幅的调制系数预先存储在控制部 106 所具备的存储装置等中。控制部 106 根据这些信息生成上述控制信号,发送到放大部 310。

[0079] 接着,说明本实施方式的基于振幅调制法的 THI 的处理的流程。在本实施方式中,向拍摄对象的预定的位置进行按照预先设定的设定振幅发送超声波波束的一次非调制发送和按照调制了设定振幅后的振幅发送超声波波束的一次以上的调制发送,分别得到回波,使因模拟放大造成的电气失真的影响在非调制发送的回波和调制发送的回波之间大致一致,从得到的结果中抽出非线性成分。

[0080] 图 5 是本实施方式的 THI 的处理流程。在此,将用于生成预先确定的拍摄区域的图像数据的发送次数设为 N 次,将第一次的发送信号的振幅设为设定振幅 p ,将第二次及其以后的第 n 次发送的调制系数设为 k_n 。即使第二次及其以后的第 n 次发送的发送信号的振幅为 p/k_n 。另外,将放大部 310 的放大率设为设定放大率 G 。预先确定设定振幅 p 、系数 k_n 以及设定放大率 G 并保存在存储装置中。

[0081] 控制部 106 首先对各部进行初始化(步骤 S1001)。在此,将作为计数器使用的 n 设定为 1,将发送信号的振幅设定为设定振幅 p ,将放大部 310 的放大率设定为设定放大率 G 。

[0082] 接着,控制部 106 判别计数器 n 是否为 1(步骤 S1102),如果为 1 以外,则向发送部 102 发送控制信号以便将发送信号的振幅调制为调制系数 p/k_n (步骤 S1103),发送超声波波束(步骤 S1104)。另一方面,如果在步骤 S1102 中 n 为 1,则直接转移到步骤 S1104,发送超声波波束。

[0083] 如果接收到回波(步骤 S1105),则控制部 106 判别计数器 n 是否为 1(步骤 S1106),如果是 1 以外,则向放大部 310 发送控制信号以使放大率为 $k_n \times G$ (步骤 S1107),使放大部 310 放大根据接收到的回波对每个通道生成的接收信号(步骤 S1108)。另一方面,如果在步骤 S1106 中 n 为 1,则直接转移到步骤 S1108,使放大部 310 放大每个通道的接收信号。这时的放大率为设定放大率 G 。

[0084] 然后,控制部 106 使 A/D 变换部 320 将放大后的每个通道的接收信号变换为数字信号(步骤 S1109),并使整相相加部 330 对各通道的数字信号进行整相相加,生成接收波束(步骤 S1110)。控制部 106 使滤波处理部 403 进行滤波处理,作为数字数据存储在存储器 401 中(步骤 S1111)。

[0085] 控制部 106 对全部接收信号重复进行步骤 S1102 ~ 步骤 S1111 的处理。即,直到 n 成为 N 为止进行重复 (步骤 S1112、S1113)。

[0086] 如果结束了以上的处理,则控制部 106 向信号处理部 104 发送控制信号,使运算处理部 402 使用在存储器 401 中存储的数字数据进行运算处理 (步骤 S1114),取出 THI 信号。然后,控制部 106 使用取出的 THI 信号,使图像处理部 107 构筑图像 (步骤 S1115)。

[0087] 此外,可以使各发送信号的振幅 k_n 在每次发送时不同,也可以在第二次及其以后的发送时相同。另外,非调制发送也可以不是第一次。预先确定在第几次进行非调制发送,控制部 106 只在非调制发送时,进行控制从而直接使用放大部 310 的放大率 G 。

[0088] 具体地说明在上述流程中,例如发送次数 N 是 3,将各调制系数设为 $k_2 = 2$ 、 $k_3 = 2$ 时的处理。在此,使设定振幅为 p ,使放大部 310 的设定放大率为 G 。另外,分别将根据第一次、第二次、第三次的发送的回波生成的接收信号称为第一接收信号、第二接收信号以及第三接收信号。

[0089] 在该情况下,控制部 106 在第一接收信号的放大时,使放大部 310 的放大率为设定放大率 G 。另一方面,在第二接收信号和第三接收信号的放大时向放大部 310 输出控制信号,以使放大率为 $2 \times G$ 。

[0090] A/D 变换部 320 分别对放大后的各接收信号进行数字变换,得到数字数据。整相加器 330 在分别对得到的数字数据进行整相相加后,作为数字数据存储在存储器 401 中。如果第三接收信号向存储器 401 的存储结束,则运算处理部 402 使用存储器 401 的全部数字数据,进行预先确定的运算处理。

[0091] 在此,在放大部 310 中将第二接收信号和第三接收信号放大为第一接收信号的 2 倍,因此第二接收信号和第三接收信号的能量的总和相对于第一接收信号的能量为 2 倍。为了使两者一致,对从第二接收信号得到的数字数据和从第三接收信号得到的数字数据进行上述平均值运算处理。然后,从由第一接收信号得到的数字数据减去其结果。该运算处理也可以是以下的运算处理,即对从第二接收信号得到的数字数据和从第三接收信号得到的数字数据的相加结果乘以 $-1/2$,然后与从第一接收信号得到的数字数据相加。

[0092] 在上述实施方式中,在调制接收信号的放大时进行控制从而提高放大率,但在调制发送的调制系数全部相等为 k 的情况下,也可以在非调制接收信号的放大时降低放大率。即,也可以将调制接收信号的放大率直接设为设定放大率 G ,将非调制接收信号的放大率设为 G/k 。

[0093] 即,控制部 106 在调制发送时的超声波波束的振幅为设定振幅 p 的 $1/k$ 倍的情况下,进行控制以便使放大部 310 对非调制接收信号的放大率为设定放大率 G 的 $1/k$ 倍。这时,使对调制接收信号的放大率为设定放大率 G 。即,控制部 106 在非调制发送的回波接收时,向放大部 310 发送指示上述放大率的变更的控制信号。另外,在调制发送的回波接收时,不发送控制信号。

[0094] 在该情况下,在运算处理部 402 中,在使从非调制接收信号得到的数字数据和从调制接收信号得到的数字数据的能量的总和相等后,进行减法处理。

[0095] 另外,在上述实施方式中,构成为对每个通道具备一个放大部 310,在放大调制接收信号时变更放大率,但放大部 310 的结构并不限于此。例如,也可以构成为在调制发送的调制系数全部相等为 k 的情况下,分别单独设置用于放大非调制接收信号的放大部和用于

放大调制接收信号的放大部,通过开关等控制所使用的放大部。另外,也可以构成为在放大部 310 中,对每个发送只具备改变放大率的放大器。

[0096] 如以上说明的那样,根据本实施方式,在 THI 的振幅调制法中,使因模拟放大造成的对回波的影响在非调制发送的回波和调制发送的回波之间大致一致,抽出非线性成分。在本实施方式中,通过控制放大部 310 的放大率来使因模拟放大造成的对回波的影响大致一致。例如,在本实施方式中,变更放大部 310 对调制发送的回波的放大率。使针对调制发送的回波的放大率为通过放大部 310 放大后的波形失真与非调制发送的放大后的波形失真大致等同。具体地说,在调制发送时的超声波波束的振幅为非调制发送时的超声波波束的振幅的 $1/k$ 倍的情况下,设为对非调制发送的回波的放大率的 k 倍。

[0097] 由此,非调制接收信号和调制接收信号的放大后的波形失真大致等同,因此模拟放大后的两者的振幅比如设想的那样,能够正确地进行以此为前提的其后的运算处理。因此,能够精度良好地抽出非线性成分,因此得到的画质也提高。

[0098] 在超声波拍摄装置 100 中,需要同时处理各种强度的回波。这是因为有时同时拍摄产生强回波的拍摄对象和不是这样的拍摄对象,并且回波的强度与拍摄对象相对于超声波探头 108 的位置和角度相关地变化。因此,产生以下情况,即超声波探头 108 的某一部分通道接收高回波,另一方面,在除此以外的通道接收低回波。另外,在拍摄区域每次变化时,超声波探头 108 所接收的回波的强度产生各种变化。

[0099] 但是,难以在模拟电路(放大器)中确保能够与超声波拍摄装置 100 可接收的全部强度对应的宽动态范围。因此,难以在放大器的动态范围内容纳高回波和低回波双方的接收信号从而高精度地放大双方的信号。特别是为了精度良好地取出低回波的接收信号,放大器的信号振幅的放大是不可缺少的,因此希望将放大器的动态范围设定为与低回波信号对应的范围。因此,特别是成为高回波的接收信号容易到达放大器的动态范围外。

[0100] 但是,根据本实施方式,在不是具有宽广的动态范围的放大器的情况下,也能够使针对放大后的接收波形的影响(电气失真或饱和)等同。因此,能够实现上述高精度的非线性成分的抽出。

[0101] (第二实施方式)

[0102] 接着,说明应用本发明的第二实施方式。在本实施方式中,也与第一实施方式同样地,通过控制放大部的放大率,使因模拟放大造成的对回波的影响在全部回波之间大致一致。这时,在第一实施方式中,在得到全部图像数据的多次发送中,使放大率在调制接收信号和非调制接收信号之间变化,但在本实施方式中,只在非调制接收信号的振幅超出放大部的线性放大范围的情况下,变更放大率。

[0103] 本实施方式的超声波拍摄装置 100 的结构基本上与第一实施方式相同。但是,在本实施方式中,如上述那样,判断非调制接收信号的振幅是否超出放大部 310 的线性放大范围。因此,接收部 103 的结构不同。另外,信号处理部 104 和控制部 106 的处理也不同。以下,着眼于与第一实施方式不同的结构进行说明。

[0104] 本实施方式的接收部 103 如图 6 所示,还具备检测部 340,其连接在放大部 310 的前级,检测从非调制发送的回波得到的接收信号(非调制接收信号)的振幅。检测部 340 与来自控制部 106 的控制信号对应地,在接收非调制接收信号时,检测其最大振幅,将其结果通知给控制部 106。

[0105] 本实施方式的控制部 106 向检测部 340 赋予检测接收信号的振幅的指示,并且与检测结果对应地,判断是否要变更放大调制接收信号时的放大部 310 的放大率。然后,只在判断为变更的情况下,向放大部 310 发送控制信号。除此以外,不向放大部 310 发送控制信号。在本实施方式中,在非调制接收信号在放大部 310 内超出其线性放大范围,输出信号的波形失真或饱和的情况下,判断为变更。

[0106] 根据检测部 340 检测出的最大振幅是否超过预先确定的阈值,来进行是否进行变更的判断。在超过预先确定的阈值的情况下,判断为进行变更。根据在放大部 310 内连接的各放大电路的连接顺序、各放大电路的线性放大范围,预先计算阈值,并保存在控制部 106 的存储装置中。

[0107] 放大部 310 与第一实施方式同样地,只在从控制部 106 接收到控制信号的情况下,变更放大率。在本实施方式中,控制部 106 也与第一实施方式同样地,在放大调制系数为 k_n 的调制接收信号时,发送控制信号以使放大部 310 的放大率为 $k_n \times G$ 。此外, G 是放大部 310 的设定放大率。

[0108] 另外,本实施方式的控制部 106 在判断为变更放大率的情况下,还向信号处理部 104 发送控制信号。信号处理部 104 的运算处理部 402 在没有从控制部 106 接收到控制信号的情况下,作为运算处理 550,进行上述公式 (1) 的乘法处理 551、该公式 (2) 的平均值计算处理、该公式 (3) 的减法处理 552。但是,在从控制部 106 接收到控制信号的情况下,不进行乘法处理 551。这是因为在前级的放大部 310 中进行了相当于乘法处理 551 的处理。

[0109] 此外,在图 6 中,检测部 340 被配置在接收部 103 的最前级,但配置位置并不限于此。例如也可以是放大部 310 的内部、后级。控制部 106 根据检测部 340 的配置位置、各放大电路的线性放大范围的数据,预先决定上述阈值,并将其保存在存储装置等中。另外,可以使 LNA311、VGA312 等放大电路自身具有检测部 304 的功能。

[0110] 此外,在本实施方式中,与非调制接收信号的振幅对应地决定调制接收信号的放大率。因此,将非调制发送设为第一次的发送(第一发送)。

[0111] 接着,说明本实施方式的基于振幅调制法的 THI 的处理的流程。在本实施方式中,如上述那样,只在非调制接收信号的振幅超过进行模拟放大的放大部 310 的线性放大范围的情况下,使对调制接收信号进行模拟放大时的放大部 310 的放大率变化。

[0112] 图 7 是本实施方式的 THI 的处理流程。在此,与第一实施方式同样地,将用于生成预先确定的拍摄区域的图像数据的发送次数设为 N 次,将第一次的发送信号的振幅设为设定振幅 p ,将第二次及其以后的第 n 次的发送的调制系数设为 k_n 。即,使第二次及其以后的第 n 次的发送的发送信号的振幅为 p/k_n 。另外,将放大部 310 的放大率设为设定放大率 G 。预先确定设定振幅 p 、系数 k_n 以及设定放大率 G ,并将其保存在存储装置中。

[0113] 控制部 106 首先对各部进行初始化(步骤 S1201)。在此,将作为计数器使用的 n 设定为 1,将发送信号的振幅设定为设定振幅 p ,将 VGA312 的放大率设定为设定放大率 G 。另外,在本实施方式中,还对后述的标志进行初始化。

[0114] 接着,控制部 106 判别计数器 n 是否为 1(步骤 S1202)。如果为 1 以外,则向发送部 102 发送控制信号以便将发送信号的振幅调制为调制系数 p/k_n (步骤 S1103),发送超声波波束(步骤 S1204)。另一方面,如果在步骤 S1202 中 n 为 1,则直接转移到步骤 S2104,发送超声波波束。

[0115] 如果接收到回波(步骤 S2105),则控制部 106 判别计数器 n 是否为 1(步骤 S1206),

[0116] 如果是 1,则控制部 106 对检测部 340 发送控制信号使其检测振幅,使其检测振幅,接收其检测结果(步骤 S1207)。然后,将取得的检测结果与阈值进行比较,判别是否为放大部 310 的线性放大范围内(步骤 S1208)。在超过阈值的情况下,设定标志(步骤 S1209),前进到放大部 310 的放大处理(步骤 S1212)。该标志是表示增大与调制发送对应的接收信号的放大率的标志。另一方面,在没有超过阈值的情况下,不设定标志,直接前进到放大处理(步骤 S1212)。

[0117] 另外,如果是 1 以外,则控制部 106 判别是否设定了标志(步骤 S1210),在设定了标志的情况下,向放大部 310 发送控制信号以便将放大率设为 $k_n \times G$ (步骤 S1211),使放大部 310 进行放大(步骤 S1212)。另一方面,在没有设定标志的情况下,不发送变更放大率的控制信号,直接按照放大率 G 进行放大处理(步骤 S1212)。

[0118] 然后,控制部 106 使 A/D 变换部 320 将放大后的每个通道的接收信号变换为数字信号(步骤 S1213),并使整相相加器 330 对各通道的数字信号进行整相相加,生成接收波束(步骤 S1214)。控制部 106 使滤波处理部 403 进行滤波处理,作为数字数据存储在存储器 401 中(步骤 S1215)。

[0119] 控制部 106 对全部接收信号重复进行步骤 S1202 ~ 步骤 S1214 的处理。即,直到 n 成为 N 为止进行重复(步骤 S1216、S1217)。

[0120] 如果结束以上的处理,则控制部 106 使运算处理部 402 使用存储在存储器 401 中的数字数据进行运算处理(步骤 S1218),取出 THI 信号。此外,在本实施方式中,在没有设定标志的情况下,执行在第一实施方式中说明的运算处理 550。另一方面,在设定了标志的情况下,不进行运算处理 551,而只进行平均值计算处理、减法处理 552。根据来自控制部 106 的控制信号来指示它们。然后,控制部 106 使用取出的 THI 信号,使图像处理部 107 构筑图像(步骤 S1219)。

[0121] 此外,在本实施方式中,可以使决定各调制发送的发送信号振幅的调制系数 k_n 对每个发送不同,也可以全部相同。

[0122] 例如,例举发送次数 N 为 2,调制发送时的调制系数 k 为 2 的情况具体进行说明。在此,使设定振幅为 p ,放大部 310 的设定放大率为 G 。另外,将从第一次、第二次的发送的回波生成的接收信号分别称为第一接收信号、第二接收信号。

[0123] 控制部 106 如果接收到第一接收信号,则使检测部 304 检测振幅,判别该振幅是否为预先确定的阈值以下。然后,在为否的情况下,设定表示在接收第二接收信号时变更放大率的标志。另一方面,如果是在范围内的判别结果,则不设定标志。

[0124] 如果接收到第二接收信号,则控制部 106 参照标志,如果设定了标志,则向放大部 310 发送指示使放大率为 $2 \times G$ 的控制信号,使其进行放大。然后,在运算处理部 402 中,从由第一接收信号生成的数字数据中减去,取出 THI 信号。

[0125] 另一方面,在没有设定标志的情况下,不发送控制信号,直接按照放大率 G 放大第二接收信号。然后,在运算处理部 402 中,使得到的数字数据为 2 倍,并从由第一接收信号生成的数字数据中减去,取出 THI 信号。

[0126] 此外,在本实施方式中,也可以构成为在设定了标志的情况下,在运算处理部 402

中,将从第二次及其以后的接收信号得到的数字数据乘以 $-1/k_n$,并与第一接收信号相加。另外,也可以构成为在设定了标志的情况下,将从第二次及其以后的接收信号得到的数字数据乘以 -1 ,并与第一接收信号相加。

[0127] 另外,在本实施方式中,也可以构成为在调制发送的调制系数全部相等为 k 的情况下,变更非调制接收信号的放大率。即,在非调制接收信号的振幅比预先确定的阈值大的情况下,将非调制接收信号的放大率设为 G/k 。这时,使调制接收信号的放大率为设定放大率 G 。

[0128] 进而,在本实施方式中,也可以构成为在调制发送的调制系数全部相等为 k 的情况下,单独地具备放大率为 k 的放大部和放大率为 $k \times G$ 的放大部,与指定的放大率对应地,切换所使用的放大部。

[0129] 如以上说明的那样,根据本实施方式,还具备检测非调制发送的回波的振幅的检测部 340。另外,控制部 106 在上述检测部 340 检测出的振幅为预先确定的阈值以上的情况下,与第一实施方式同样地控制上述放大部 310 的放大率。例如,只在非调制接收信号 512 超过放大部 310 的线性放大范围的情况下,变更调制接收信号 522 的放大部 310 的放大率。因此,与第一实施方式相比,能够高效地使形成一个扫描线的各接收信号的模拟放大后的波形失真大致等同。因此,能够高效地得到与第一实施方式同样的效果。

[0130] (第三实施方式)

[0131] 接着,说明应用本发明的第三实施方式。在本实施方式中,与第二实施方式同样地,在非调制接收信号的振幅超过了放大部 310 的线性放大范围的情况下,控制放大部 310 的放大率。但是,在本实施方式中,然后在向信号处理部 104 输入之前,使改变放大率而放大后的接收信号的振幅恢复为原来。然后,在信号处理部 104 中,与非调制发送的振幅的大小无关地进行运算处理 550。

[0132] 本实施方式的超声波拍摄装置 100 的结构基本上与第二实施方式相同。但是,在本实施方式中,如上述那样,在接收部 103 中在改变放大率而放大调制接收信号后,恢复为原来的振幅。因此,如图 8 所示,接收部 103 在 A/D 变换部 320 的后级具备对数字变换后的接收信号(数字数据)进行数字放大(衰减)的数字增益 350。

[0133] 数字增益 350 是无论是怎样的振幅的信号,都线性地按照希望的放大率进行放大的电路。例如,在放大部 310 中产生了电气波形失真的信号在通过数字增益 350 后还保持其失真波形。在本实施方式中,依照来自控制部 106 的控制信号,使在放大部 310 中放大后的调制接收信号恢复为原来的振幅。

[0134] 控制部 106 在设定了标志的情况,即非调制接收信号的振幅超过了预先确定的阈值的情况下,不仅向放大部 310,还向数字增益 350 发送指示放大率的变更的控制信号。例如,控制部 106 在使放大部 310 对调制发送的回波(调制接收信号)的放大率为 k 倍的情况下,控制数字增益 350 以使从该回波得到的数字数据为 $1/k$ 倍。这样,在本实施方式的接收部 103 中,在数字增益 350 中将在放大部 310 中将放大率提高 k 倍进行放大后的数据放大为 $1/k$ 倍从而使其恢复为原来。

[0135] 通过数字增益 350 后的各接收信号的能量关系与输入到接收部 103 时的为回波的時刻的能量关系相等。因此,无论是否变更了放大部 310 的放大率,后级的运算处理部 402 的运算处理与目前同样地,可以是在第一实施方式中说明了的运算处理 550。因此,本实施

方式的控制部 106 与有无设定标志无关地,不向后级的信号处理部 104 发送控制信号。

[0136] 例如,将发送次数 N 设为 2,将第一次的发送设为非调制发送,将第二次的发送设为调制发送,将调制发送的调制系数 k_2 设为 2。该情况下的 2 个发送信号的波的能量是 4:1。在第一接收信号是放大部 310 的线性放大范围外的情况下,通过放大部 310 按照第一接收信号的 2 倍的放大率对第二接收信号进行放大。由此,第一接收信号和第二接收信号的能量在数值上相等,并且第二接收信号成为具有与第一接收信号同样的电气波形失真的信号波形。

[0137] 通过放大部 310 按照 2 倍的放大率放大后的第二接收信号在后级的数字增益 350 中被放大为 $1/2$ 倍。由此,第二接收信号保持失真的波形地只有振幅成为 $1/2$ 。因此,2 个信号的能量比与发送时相同,为 4:1。

[0138] 如果设整相相加后最终得到的第一接收信号的振幅(信号强度)为 S_1 ,设第二接收信号的振幅(信号强度)为 S_2 ,则此后的运算处理部 402 中的运算处理与目前同样地,成为乘法处理 551 和减法处理 552,即成为 $S_1 - (k_2 \times S_2)$ 、即 $S_1 - 2 \times S_2$ 。

[0139] 例如,例举发送次数 N 为 3,第一次的发送为非调制发送,第二次和第三次的发送为调制发送,第二次的发送的调制系数 k_2 和第三次的发送的调制系数 k_3 分别为 2 的情况来进行说明。在第一接收信号为放大部 310 的线性放大范围外的情况下,控制部 106 将放大部 310 对第二接收信号以及第三接收信号的放大率变更为 2 倍。放大后的各接收信号的能量在数值上相等。

[0140] 通过后续的数字增益 350 将按照 2 倍的放大率放大后的第二接收信号和第三接收信号放大为 $1/2$ 倍。由此,各接收信号的能量比与发送时相同。如果设整相相加后最终得到的各接收信号为 S_1 、 S_2 、 S_3 ,则此后的运算处理部 402 的运算处理与目前同样地,为乘法处理 551、平均值计算处理、减法处理 552、即 $S_1 - (k_2 \times S_2 + k_3 \times S_3) / (3 - 1)$ 、即 $S_1 - (S_2 + S_3)$ 。

[0141] 此外,在本实施方式中,也可以构成为在调制发送的调制系数全部相同(k)的情况下,在非调制接收信号为放大部 310 的线性放大范围外时,将非调制接收信号的放大率设为 $1/k$ 倍,在数字增益 350 中进行 k 倍放大。在该情况下,针对调制接收信号,既不变更放大部 310 的放大率,也不在数字增益 350 中进行放大。

[0142] 另外,在本实施方式中,如图 8 所示,数字增益 350 连接在 A/D 变换部 320 的紧后面。数字增益 350 对变换为数字数据后的接收信号的振幅进行变更,因此在接收部 103 内,只要在 A/D 变换部 320 的后级,则可以配置在任意地方。例如,可以是整相相加器 330 的后级。

[0143] 另外,在以上说明中,例举与第二实施方式组合的情况来进行了说明,但并不限于此。也可以与第一实施方式组合。在该情况下,控制部 106 在全部的调制发送的回波接收时,向数字增益 350 发送控制信号。另外,在与第一实施方式组合的情况下,非调制发送也可以不是第一次。

[0144] 如以上说明的那样,根据本实施方式,还具备对数字数据进行数字放大的数字增益 350。另外,控制部 106 在将放大部 310 针对调制发送的回波的放大率设为 k (k 为实数) 倍的情况下,控制上述数字增益 350 以便将从该回波得到的上述数字数据放大为 $1/k$ 倍。

[0145] 即,根据本实施方式,在 THI 的振幅调制法中,与发送的超声波波束的振幅对应地,变更从该超声波波束的回波得到的接收信号的模拟放大时的放大率。进行变更使得因

模拟放大造成的对回波的影响在各回波之间大致一致。另外,在变更了放大部 310 的放大率的情况下,在数字增益 350 中恢复为原来。

[0146] 由此,非调制接收信号和调制接收信号的放大后的波形失真大致相等,因此模拟放大后的两者的振幅比如设想的那样,能够正确地进行以其为前提的此后的运算处理。这时,在本实施方式中,运算处理前的两者的振幅比与目前相同为 $1/k$ 。因此,在本实施方式中,在信号处理部 104 的运算处理中能够直接使用现有的运算处理部。因此,根据本实施方式,不变更信号处理部 104,就能够得到与第一实施方式或第二实施方式同样的效果。

[0147] (第四实施方式)

[0148] 接着,说明应用本发明的第四实施方式。在本实施方式中,也与第一实施方式~第三实施方式同样地,控制放大部的放大率,由此使因模拟放大造成的对回波的影响在各接收信号之间一致。但是,在上述各实施方式中,在对每个通道的数据进行整相相加后,进行运算处理,但在本实施方式中,针对每个通道的数据,在整相相加之前进行运算处理。

[0149] 本实施方式的超声波拍摄装置 100 具有基本上与第一实施方式相同的结构。但是,接收部 103 和信号处理部 104 的结构、整相相加器 330 和控制它们的控制部 106 的处理不同。以下,针对本实施方式,着眼于与第一实施方式不同的结构进行说明。

[0150] 本实施方式的接收部 103 如图 9 所示,还具备对每个通道保存通过 A/D 变换部 320 变换后的接收信号(数字数据)的通道存储器 360、对保存在通道存储器 360 中的数字数据实施运算处理,对每个通道抽出非线性成分的运算器 370。

[0151] 通道存储器 360 连接在 A/D 变换部 320 的后级,对每个通道保存从 N 次接收各自的接收信号变换后的数字数据。

[0152] 运算器 370 连接在通道存储器 360 的后级,在 N 次的接收后,使用通道存储器 360 的各数字数据,对每个通道进行运算处理。在此,依照来自控制部 106 的控制信号,进行上述平均值运算处理和减法处理 552。

[0153] 本实施方式的整相相加器 330 对运算处理后的数据进行整相相加。即,对抽出的每个通道的非线性成分进行整相相加。然后,本实施方式的图像处理部 107 使用整相相加结果构筑图像。

[0154] 此外,本实施方式的信号处理部 104 通过运算器 370 进行运算处理,因此也可以不具备运算处理部 402。

[0155] 另外,在本实施方式中,也可以与第一实施方式同样地,变更非调制接收信号的放大率。另外,也可以对每个放大率具备放大器。

[0156] 另外,在本实施方式中,也可以如第二实施方式那样,在放大部 310 之前具备检测部 340,只在非调制接收信号的振幅超过放大部 310 的线性放大范围的情况下,改变调制发送接收信号的放大率。

[0157] 在该情况下,控制部 106 在改变了放大率时,还向运算器 370 发送控制信号。接收控制信号,运算器 370 针对每个通道的数据除了进行上述平均值计算处理和减法处理 552 以外,还进行乘法处理 551。

[0158] 进而,也可以与第三实施方式同样地,针对变更放大率而放大后的信号,在运算处理之前使振幅恢复为原来。在该情况下,运算器 370 中对任意的信号都进行与目前相同的运算处理。

[0159] 如以上说明的那样,根据本实施方式,具备:通道存储器 360,其对每个通道保存通过数字变换部 320 变换后的数字数据;运算器 370,其对保存在通道存储器 360 中的数字数据实施运算处理,对每个上述通道抽出上述非线性成分;整相相加器 330,其对抽出的每个通道的非线性成分进行整相相加。

[0160] 即,根据本实施方式,在 THI 的振幅调制法中,与发送的超声波波束的振幅对应地,变更从该超声波波束的回波得到的接收信号的模拟放大时的放大率。进行变更以使因模拟放大造成的对回波的影响在各回波之间大致一致。然后,对每个通道抽出非线性成分。

[0161] 由此,非调制接收信号和调制接收信号的放大后的波形失真大致等同,因此模拟放大后的两者的振幅比如设想的那样,能够正确地进行以其为前提的此后的运算处理。这时,在本实施方式中,整相相加前的数字数据已经为非线性成分,因此用于制作预先确定的拍摄区域的图像数据的整相相加处理只有一次即可。因此,根据本实施方式,不对各发送进行整相相加处理,能够通过一次的整相相加处理与第一实施方式同样地精度良好地抽出非线性成分,因此得到的画质也提高。

[0162] (第五实施方式)

[0163] 接着,说明应用本发明的第五实施方式。在本实施方式中,通过滤波器使通过由模拟放大器构成的放大部 310 接收的信号波形的电气失真的影响对全部接收信号大致等同。本实施方式的前提是放大部 310 的输入输出特性已知。

[0164] 本实施方式的超声波拍摄装置 100 具有基本上与第一实施方式相同的结构。但是,接收部 103 的结构不同,另外控制它们的控制部 106 的处理不同。以下,针对本实施方式,着眼于与第一实施方式不同的结构而进行说明。

[0165] 本实施方式的接收部 103 如图 10 所示,还具备:通道存储器 360,其对每个通道保存通过 A/D 变换部 320 变换后的数字数据;滤波器 380,其对数字数据进行滤波处理。

[0166] 本实施方式的放大部 310 与现有的超声波拍摄装置同样地,按照预先确定的放大率(设定放大率)G 分别对非调制接收信号和调制接收信号进行放大。与第一实施方式的超声波拍摄装置 100 的放大部 310 不同,不与调制接收信号、非调制接收信号对应地变更放大率。

[0167] 通道存储器 360 与第四实施方式同样地,连接在 A/D 变换部 320 的后级,对每个通道保存从 N 次接收的接收信号分别变换后的数字数据。

[0168] 本实施方式的滤波器 380 具有与放大部 310 的输入输出特性大致等同的传递函数。即,通过滤波器 380 后的波形表示出与通过放大部 310 后大致等同的电气失真方式。因此,本实施方式的滤波器 380 的滤波处理是针对调制接收信号赋予与非调制接收信号受到的电气失真同样的波形失真的处理。本实施方式的滤波器 380 在全部的发送结束后,从通道存储器 360 读出数据,对从调制接收信号得到的数字数据实施该滤波处理。依照来自控制部 106 的控制信号进行滤波器 380 的滤波处理。

[0169] 本实施方式的整相相加器 330 对滤波处理后的每个通道的数字数据进行整相相加处理。然后,本实施方式的信号处理部 104 对整相相加后的接收波束,进行与第一实施方式同样的运算处理。即进行平均值计算处理和减法处理 552,抽出非线性成分。然后,本实施方式的图像处理部 107 根据通过信号处理部 104 抽出的非线性成分构筑图像。

[0170] 此外,本实施方式的滤波器 380 进行向从调制接收信号得到的数字数据赋予失真

的处理,但并不限于此。也可以具有修复非调制信号从放大部 310 受到的电气失真的特性。在该情况下,进行滤波处理,从而对于通道存储器 360 的数据中的从非调制接收信号得到的数字数据,修正该接收信号受到的电气失真。

[0171] 另外,滤波器 380 的位置并不限于上述位置。例如,也可以配置在 A/D 变换部 320 的紧后面。在该情况下,控制部 106 在 N 次接收中的进行滤波处理的接收的情况下,向滤波器 380 发送指示该情况的控制信号。此外,在对每次接收判别是否进行滤波处理的情况下,可以配置也可以不配置通道存储器 360。

[0172] 进而,也可以构成为信号处理部 104 具备本实施方式的滤波器 380。在该情况下,在整相相加后的接收波束中,调整由于模拟放大而受到的电气失真。针对从各个接收信号生成的接收波束进行调整,从而如上述使非调制接收信号所受到的电气失真和调制接收信号所受到的电气失真大致一致。

[0173] 在该情况下,接收部 103 的结构为放大部 310、A/D 变换部 320、整相相加器 330。

[0174] 另外,在本实施方式中,也可以构成为在放大部 310 的前级具备检测部 340,只在非调制回波信号的振幅超过放大部 310 的线性放大范围的情况下,通过滤波器 380 进行滤波处理。

[0175] 在该情况下,与检测部 340 的检测结果对应地,控制部 106 向滤波器 380 发送控制信号。即,在检测部 340 检测出非调制接收信号的振幅为预先确定的阈值以上的情况下,向滤波器 380 发送控制信号,以便对调制接收信号进行滤波处理。或者,向滤波器 380 发送控制信号以便修复非调制接收信号的波形。

[0176] 另外,在本实施方式中,也可以构成为在整相相加器 330 的前级具备运算器 370,在整相相加前进行运算处理。在该情况下,将运算器 370 配置在滤波器 380 的后级。另外,在该情况下,也可以不具备信号处理部 104。

[0177] 如以上说明的那样,根据本实施方式,具备对通过 A/D 变换部 320 变换后的数字数据进行滤波处理的滤波器 380,控制部 106 通过控制滤波处理的执行,使因模拟放大造成的对回波的影响大致一致。例如,使滤波器 380 对从上述调制发送的回波得到的数字数据执行滤波处理。该滤波器 380 具有与因模拟放大造成的电气失真大致等同的传递函数。

[0178] 即,根据本实施方式,通过滤波器 380 对波形进行修正,由此,在 THI 的振幅调制法中,针对多次的发送的回波,使因模拟电路造成的影响大致等同。使波形的修正为还对调制接收信号赋予与非调制接收信号从模拟电路受到的电气失真等同的失真、或者修复非调制接收信号受到的电气失真。由此,非调制接收信号和调制接收信号的放大后的波形失真大致等同,因此模拟放大后的两者的振幅比如设想的那样,能够正确地进行以其为前提的其后的运算处理。因此,能够精度良好地抽出非线性成分,因此得到的画质也提高。

[0179] 进而,根据本实施方式,如上述那样,通过滤波器 380 进行电气失真的修正,因此能够通过更简单的结构得到与第一实施方式同样的效果。

[0180] 此外,在上述各实施方式中,在调制发送时,在发送部中将发送波束的发送波形的振幅设为 $1/k$ 倍,由此实现声压调制。但是,调制的实现方法并不限于此。例如,也可以利用发送的声压与超声波收发面内的面积成正比,改变其面积,来实现调制。

[0181] 面积由超声波探头 108 所驱动的通道 801 的个数决定。因此,通过改变所驱动的通道数(所驱动的电声元件的个数),来调整发送波束整体的声压(振幅)。这时,使输入

到各电声转换元件的发送信号的波形相同。

[0182] 具体地说,发送部 102 通过驱动超声波探头 108 所具备的多个电声转换元件来生成超声波波束。这时,控制部 106 在非调制发送时,驱动多个电声转换元件中的成为预定的面积的全部电声转换元件,在调制发送时,以通道为单位选择性地只驱动成为预定的面积的电声转换元件中的一部分。

[0183] 即,在调制发送时,使超声波收发面中的驱动面积小于非调制发送时。例如,在发送次数 N 为 2 的情况下,如图 11(a) 所示,在非调制发送时(第一发送时),驱动开口部内的全部通道 801。另一方面,在调制发送时(第二发送时),驱动非调制发送时的一半的通道 801。此外,在图 11(a) 和图 11(b) 中,涂黑的通道 801 是驱动通道。这时,与驱动的通道的配置无关。由此,在调制发送时能够送出 $1/2$ 的声压的超声波波束。

[0184] 即,在调制发送的次数为 1 次的情况下,在调制发送时,驱动在非调制发送时驱动的电声转换元件的 $1/2$ 的电声转换元件。

[0185] 例如,在图 11(b) 中表示发送次数 N 为 3 时的各发送时的驱动通道。在此,从端部开始对各通道 801 赋予序号。如本图所示,在非调制发送时(第一发送时),驱动开口部内的全部通道。另一方面,在两次的调制发送中的一次(第二发送时),驱动被赋予了奇数序号的通道 801,在另一次(第三发送时)驱动被赋予了偶数序号的通道。

[0186] 在驱动了被赋予了奇数序号的通道 801 的情况下,通道间距扩大得比发送脉冲的波长长,由此有时产生在与主轴不同的方向上具有方向性的栅瓣。如上述那样,在第三次的发送中,驱动被赋予了偶数序号的通道,由此能够降低栅瓣。

[0187] 即,在调制发送的次数为 2 次以上的情况下,从在非调制发送时驱动的电声转换元件中,在各发送之间排他地选择在 2 次以上的调制发送时选择的电声转换元件。

[0188] 此外,除了在时间上选择位于上述那样的排他位置的电声转换元件作为驱动通道的情况(以不同的发送定时选择的情况)以外,在空间上进行选择的情况下,也能够得到同样的效果。

[0189] 如图 11(c) 所示,如果将输入施加了用于形成超声波波束的延迟控制的信号的阵列方向设为 X ,将与 X 方向垂直的方向设为 Y ,则在 Y 方向的阵列中,使驱动通道位于排他的位置。

[0190] 例如,在图 11(c) 中表示二维地配置了通道的情况。在非调制发送时(第一发送时),驱动开口部内的全部通道 801。在调制发送时(第二发送时),驱动非调制发送时的一半通道 801。

[0191] 具体地说,关于 X 方向的 $ch\#1$ 来看时,驱动 Y 方向的 $ch\#2$ 。关于 X 方向的 $ch\#2$ 来看时,驱动 Y 方向的 $ch\#1$ 。这样,构成为在 X 方向阵列中,驱动 Y 方向的 $ch\#1$ 和 $ch\#2$ 中的某一个。

[0192] 第二发送的全体的驱动通道数相对于第一发送为 $1/2$,但 X 方向阵列的驱动通道对于第一发送等同。在该情况下,可以将发送次数 N 从 $N>2$ 减少为 $N=2$ 。

[0193] 此外,如果关于 X 方向成为与驱动全部通道时相同的发送开口,则 Y 方向的通道驱动几次都可以。因此,在 Y 方向的阵列进一步增加的情况下,也能够重复地配置图 11(c) 的第二发送那样的驱动通道模式。

[0194] 如果通过改变驱动面积来实现调制,则在以下那样的情况下也能够进行理想的

THI。即,是电声转换元件对发送信号的电压非线性响应,难以维持发送脉冲的波形地只调制振幅的情况。在这样的情况下,与非调制发送时、调制发送时无关,供给的发送信号的波形在各电声转换元件中相同,因此能够发送不受电声转换元件的非线性的影响的发送脉冲,结果,能够减小超声波波束的声压。

[0195] 附图标记说明

[0196] 100:超声波拍摄装置;101:收发切换部;102:发送部;103:接收部;104:信号处理部;105:接收处理部;106:控制部;107:图像处理部;108:超声波探头;120:拍摄对象;121:用户接口;122:显示部;310:放大部;311:LNA;312:VGA;320:A/D变换部;330:整相加法器;340:检测部;350:数字增益;360:通道存储器;370:运算器;380:滤波器;401:存储器;402:运算处理部;403:滤波处理部;511:发送信号;512:非调制接收信号;512a:基波频带成分;512b:非线性成分;521:发送信号;522:调制接收信号;522a:基波频带成分;522b:非线性成分;523:信号;523a:基波频带成分;523b:非线性成分;540a:基波频带成分的差;540b:非线性成分的差;550:运算处理;551:乘法处理;552:减法处理;801:通道。

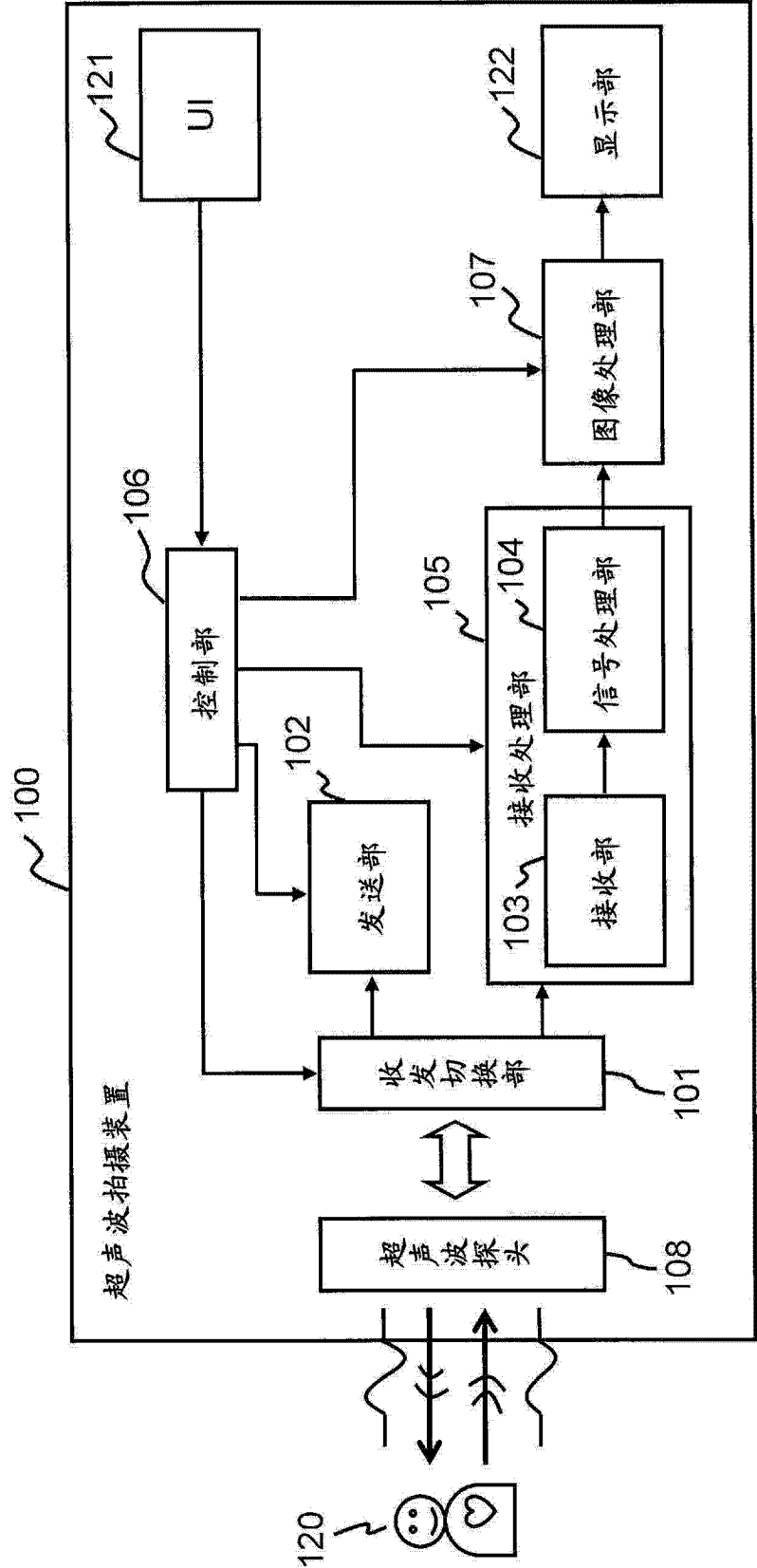


图 1

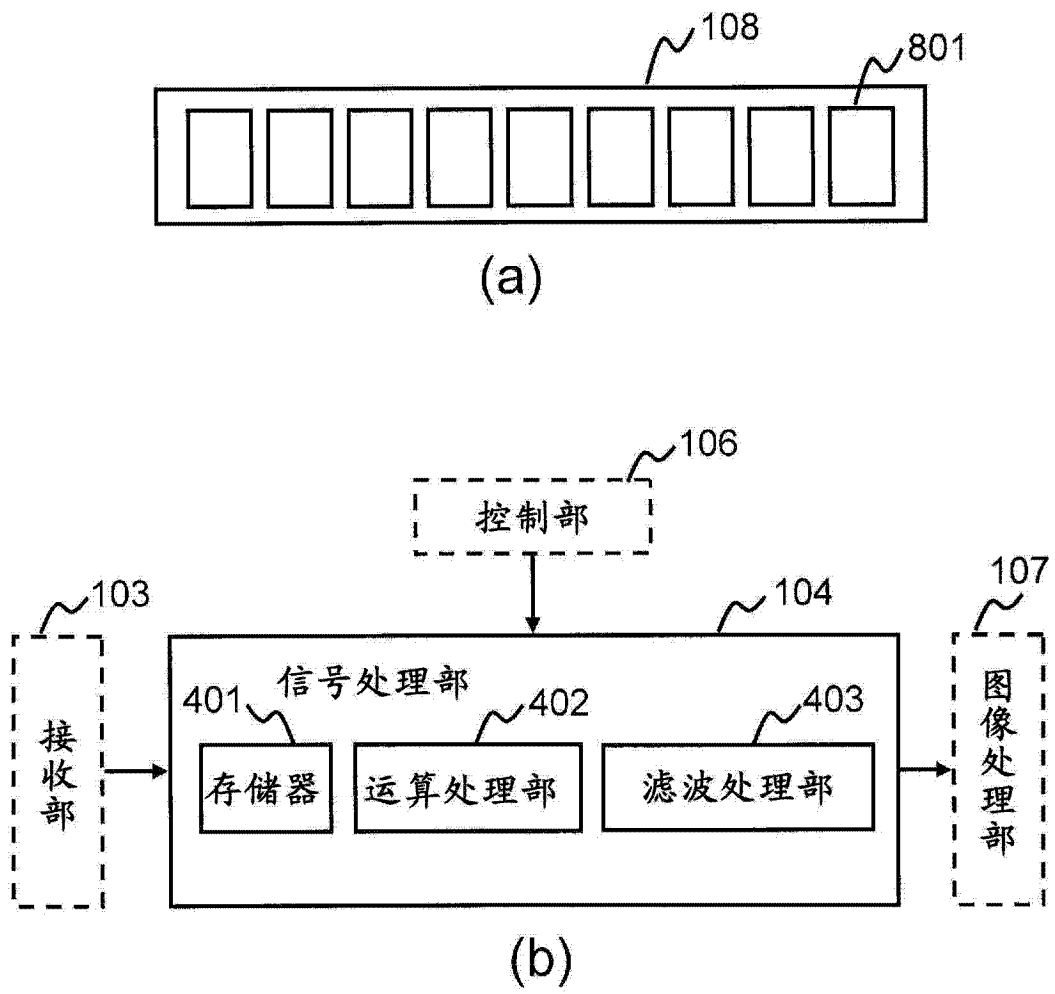


图 2

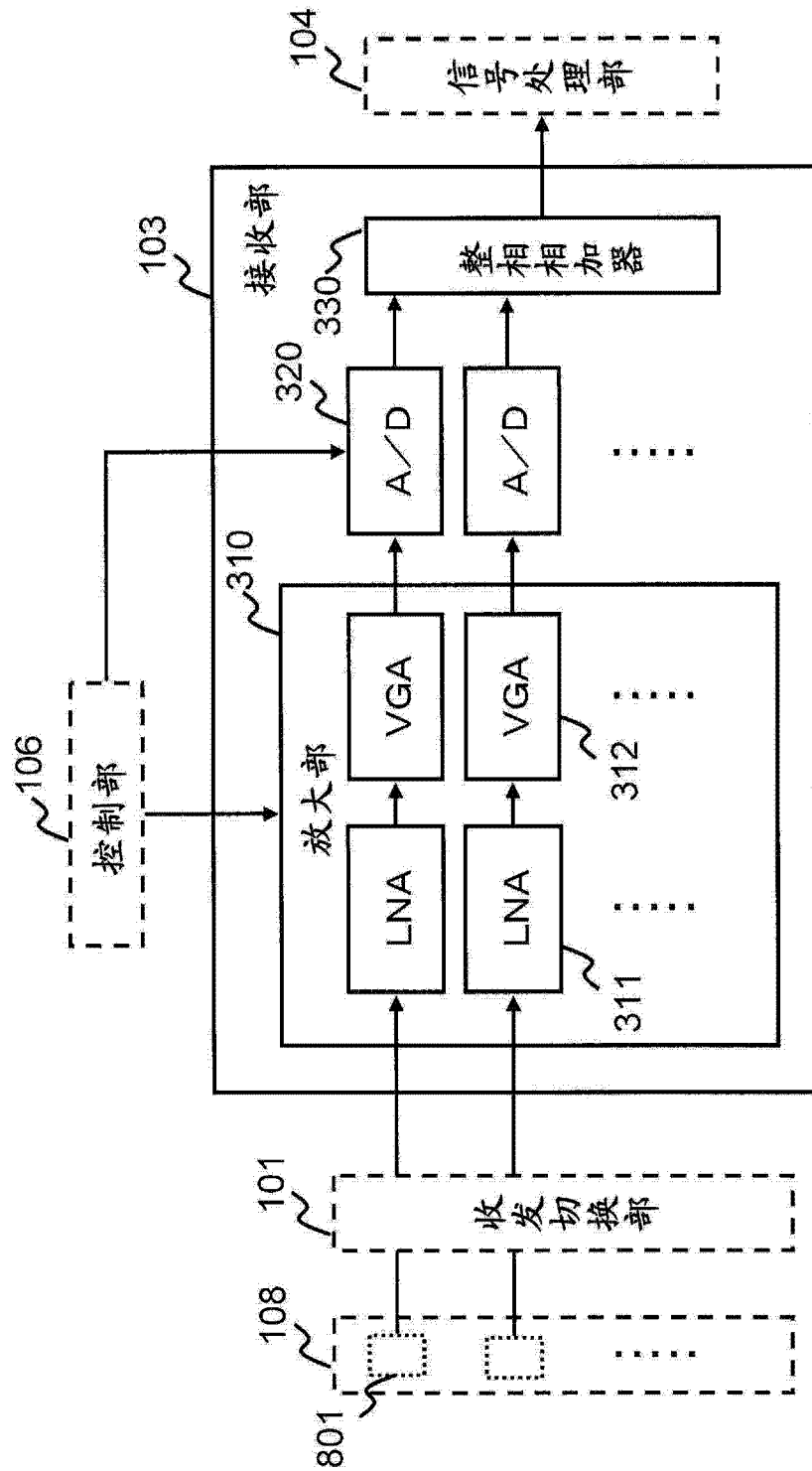


图 3

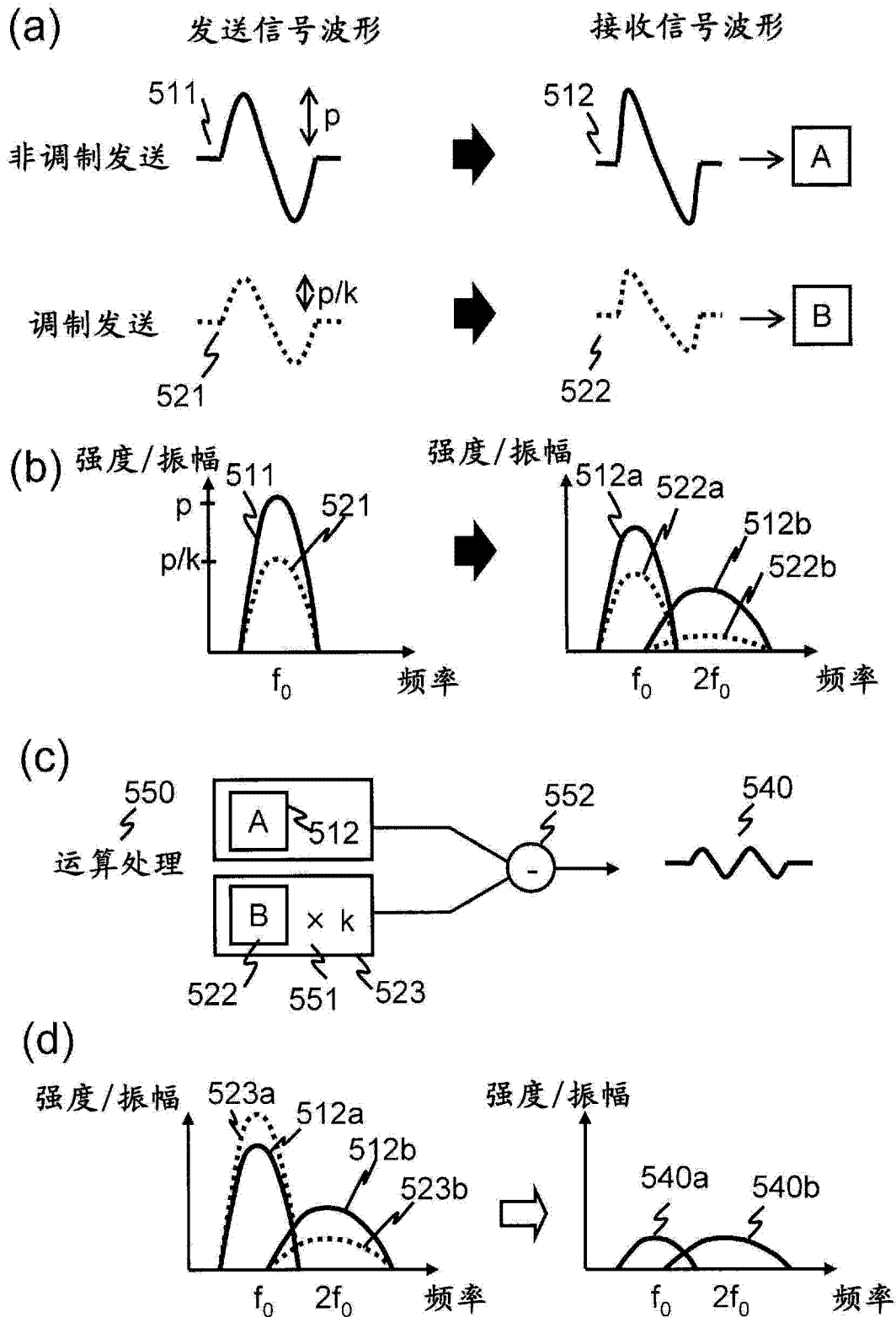


图 4

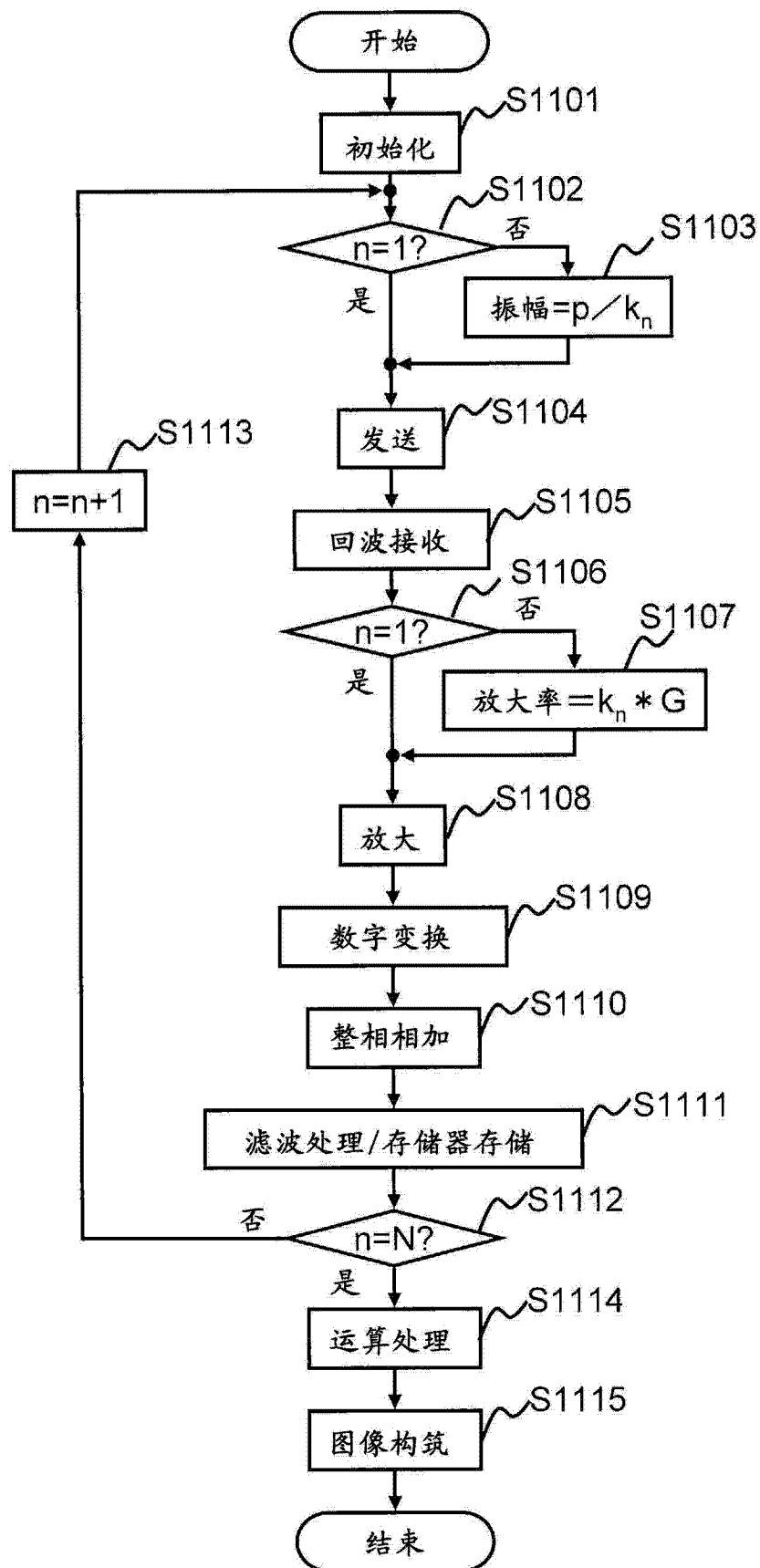


图 5

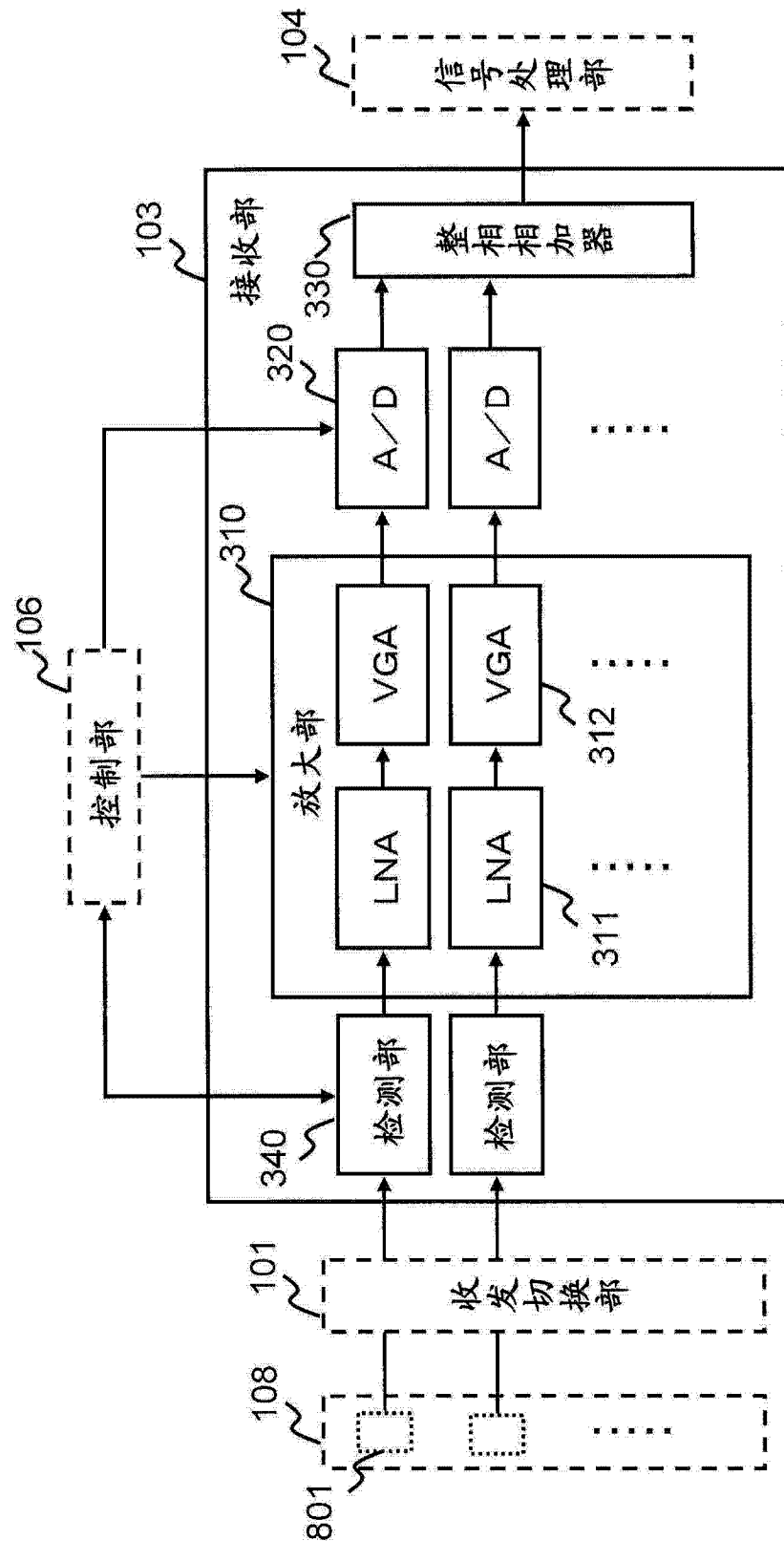


图 6

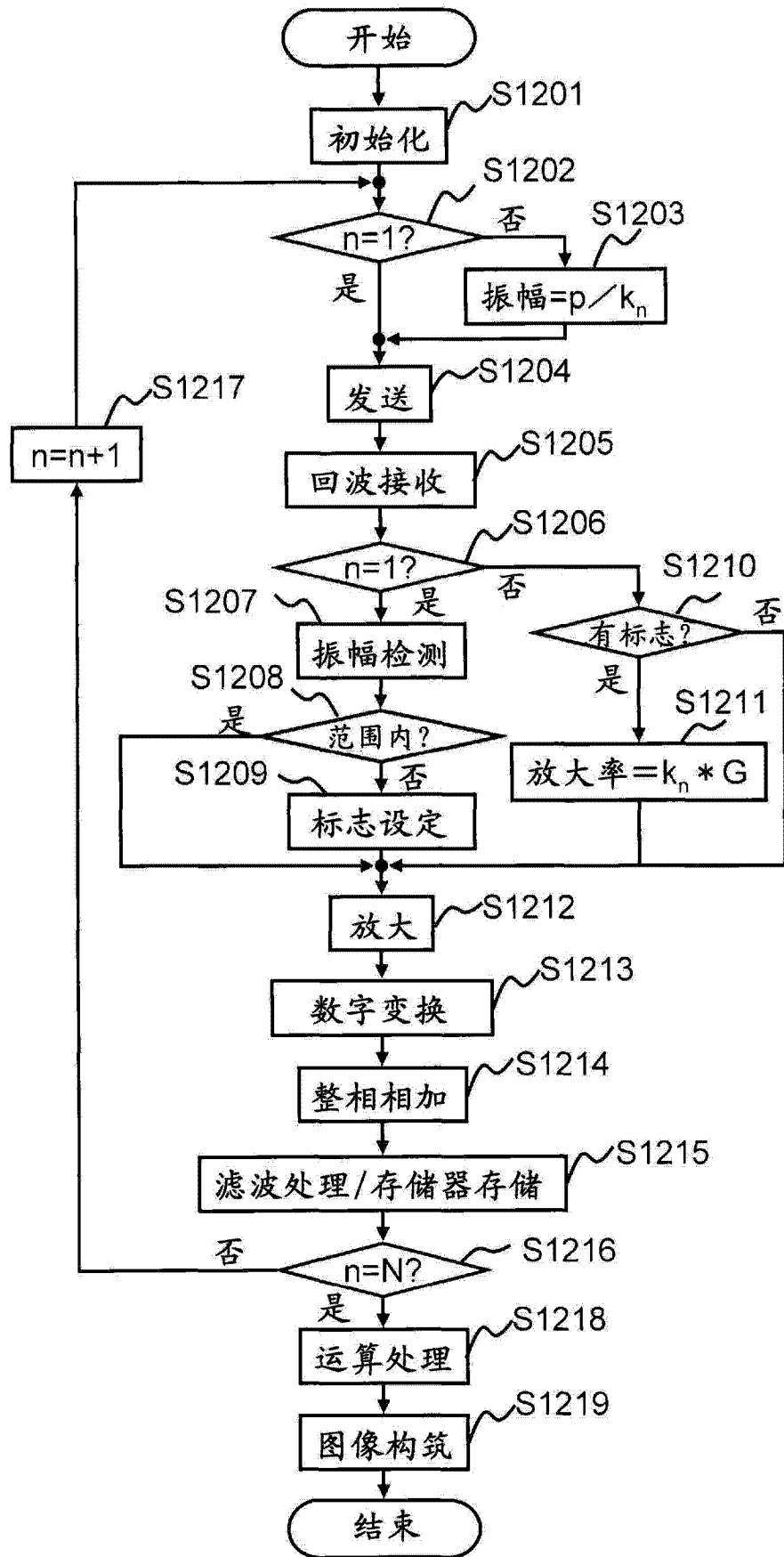


图 7

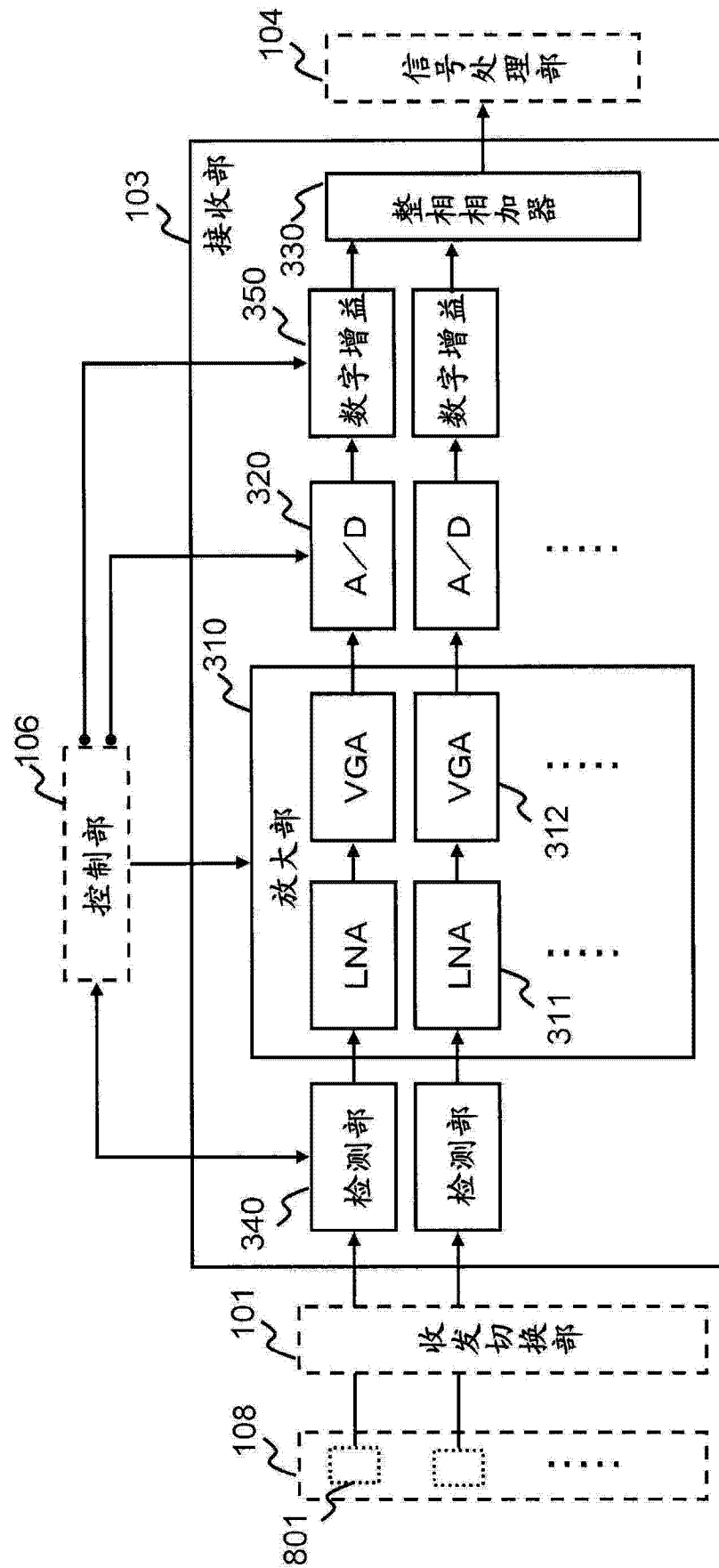


图 8

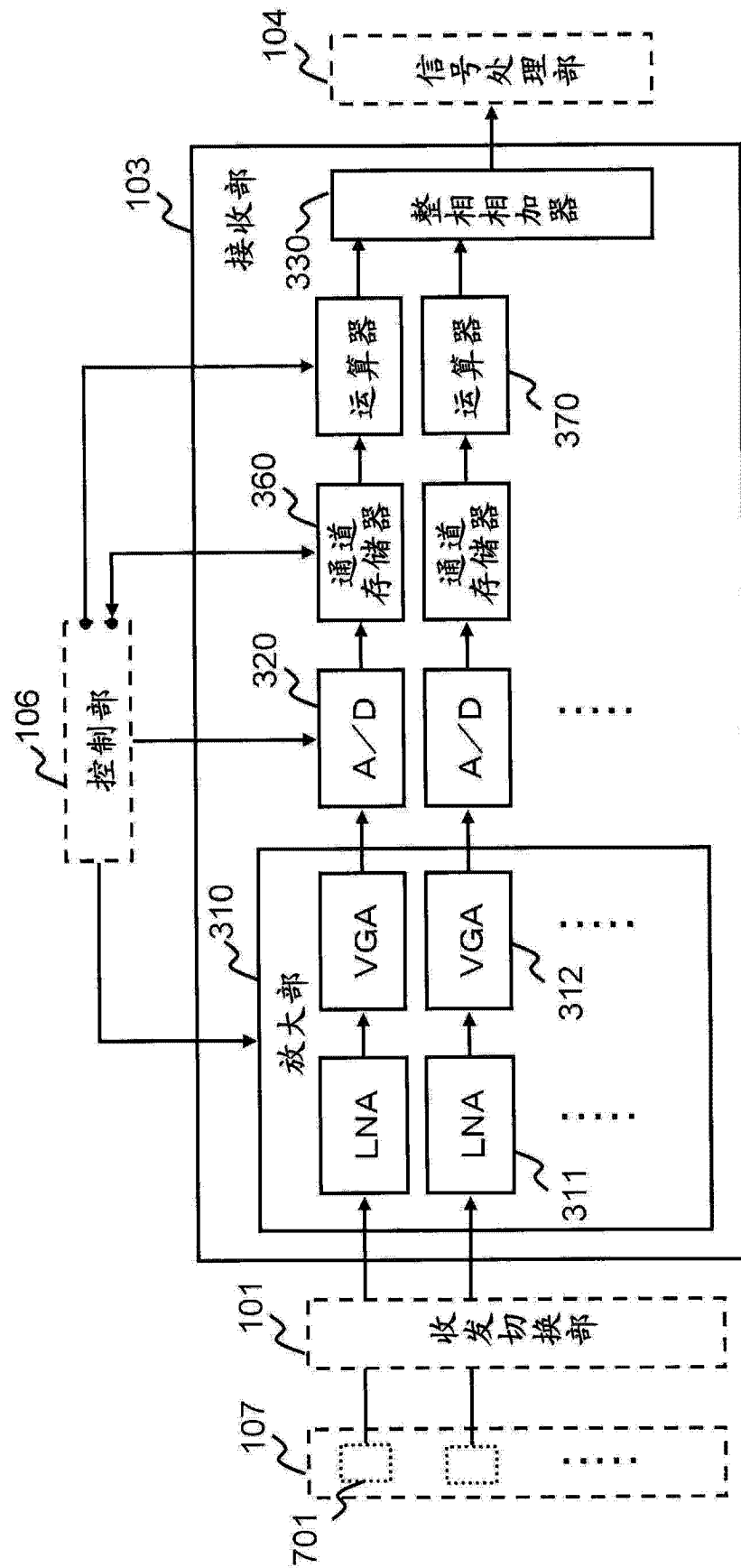


图 9

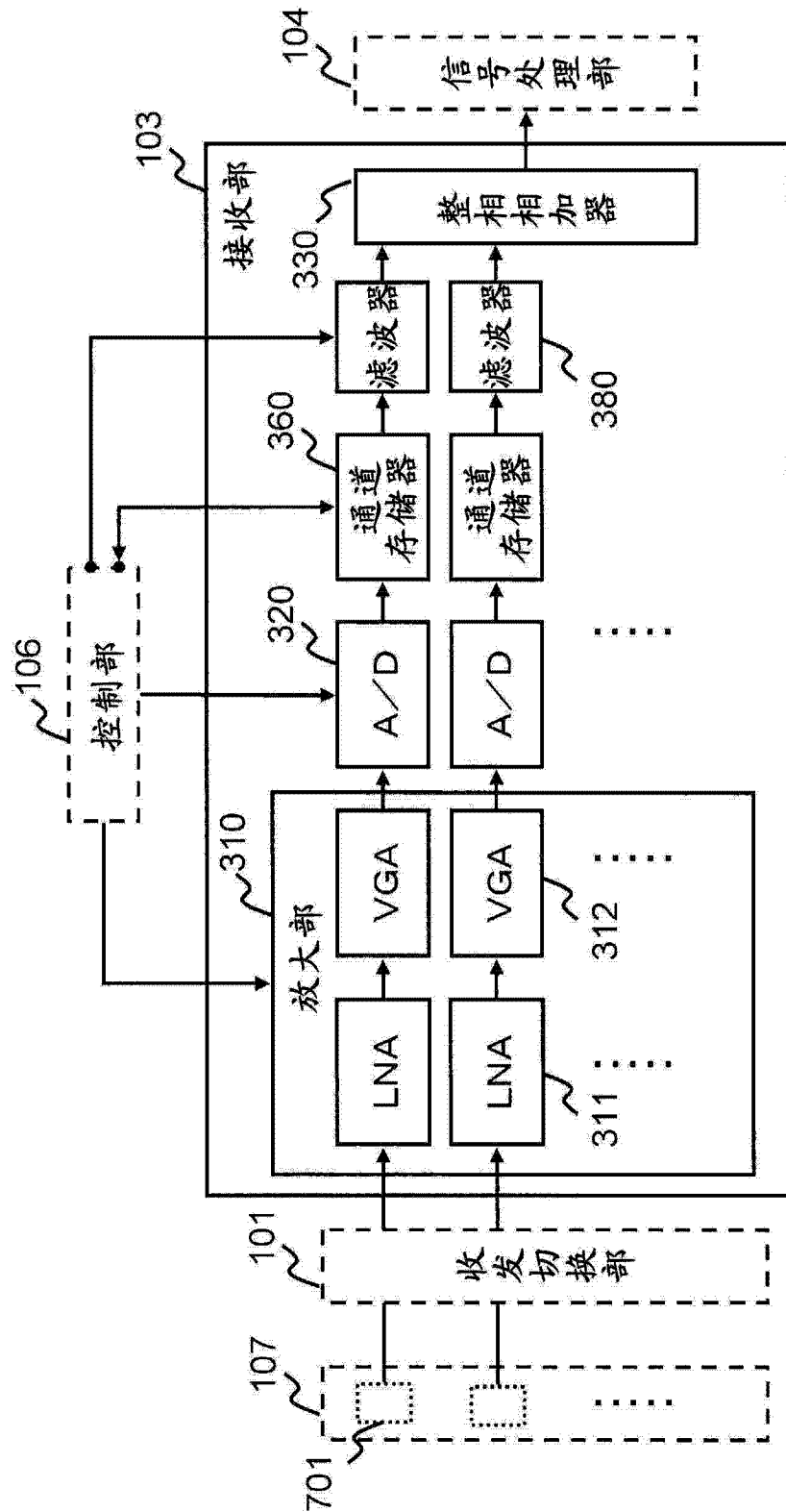


图 10

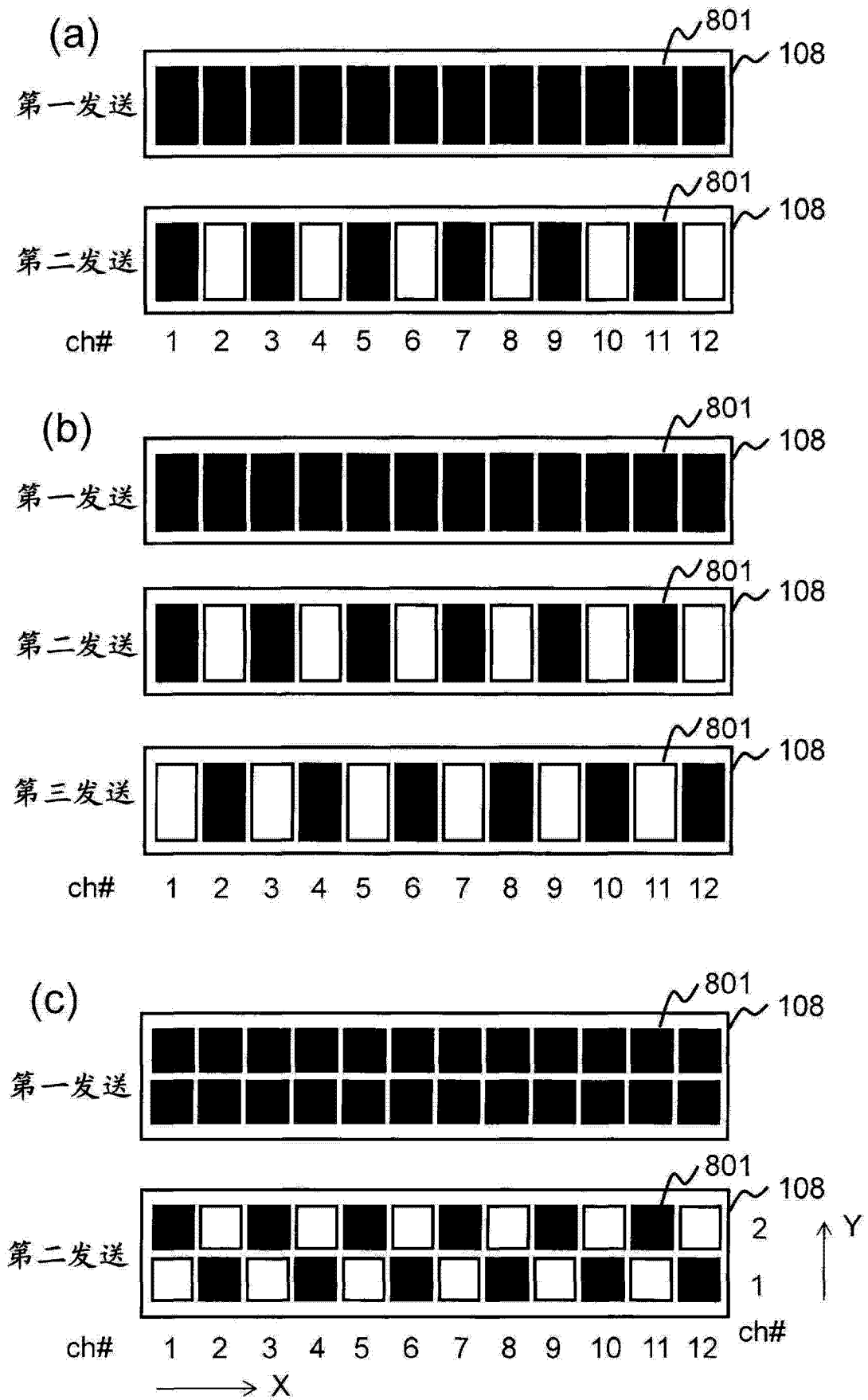


图 11

专利名称(译)	超声波拍摄装置以及超声波拍摄方法		
公开(公告)号	CN104955400A	公开(公告)日	2015-09-30
申请号	CN201480007004.0	申请日	2014-01-31
[标]申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	日立阿洛卡医疗株式会社		
[标]发明人	石原千鹤枝 田中宏树 桥场邦夫 栗原浩		
发明人	石原千鹤枝 田中宏树 桥场邦夫 栗原浩		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8906 G01S7/52047 A61B8/5207 G01S7/5202 G01S7/52033 G01S7/52038 G01S15/8915 G01S15/8927 A61B8/145 A61B8/4483 A61B8/54		
代理人(译)	文志		
优先权	2013019787 2013-02-04 JP		
其他公开文献	CN104955400B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

提供一种在使用了THI的振幅调制法的超声波拍摄中，高精度地只抽出非线性成分，得到高质量的图像的技术。使因模拟放大造成的电气失真对声压等级不同的超声波的回波信号的影响大致等同，高精度地去除基波成分，高精度地只抽出非线性成分。例如，通过控制放大部的放大率，使上述影响等同。另外，通过使用滤波器对数字数据进行修复，来使上述影响等同。

