



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104427943 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201380035638. 2

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 06. 24

A61B 8/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

2012-151189 2012. 07. 05 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 01. 04

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/067253 2013. 06. 24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/007100 JA 2014. 01. 09

(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 桥场邦夫 栗原浩 石原千鹤枝

(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 李逸雪

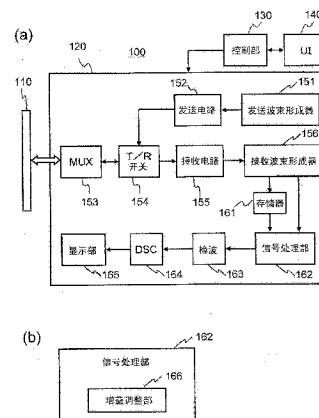
权利要求书2页 说明书23页 附图15页

(54) 发明名称

超声波诊断装置以及超声波图像取得方法

(57) 摘要

提供一种在超声波诊断装置中实现谐波成像的技术,该技术不受由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统的电压依赖的失真、非线性特性的影响,发送电压的调整也容易,并且帧速率与现有的PI法实质上等同。在通过对发送声场进行合成,从而去除声波的基波分量,并将提取出的非线性分量的回波进行图像化的振幅调制法中,将用于得到1条扫描线的多次收发中的1次收发兼用作用于得到其他的扫描线的收发。根据通过兼用的收发而得到的回波信号,分别形成兼用的两条扫描线上的接收波束。



1. 一种超声波诊断装置,其从具备多个信道的超声波探头向被检体发送超声波脉冲,并根据所得到的回波信号获得超声波图像,

所述超声波诊断装置的特征在于,具备:

发送波束形成器,其按照每次发送来设定发送口径权重和发送延迟权重,其中所述发送口径权重对所述多个信道中的发送所述超声波脉冲的多个信道即发送信道进行规定,所述发送延迟权重对赋予给从该各发送信道发送的所述超声波脉冲的延迟时间分别进行规定;

接收波束形成器,其按照每次发送,根据通过所述多个信道接收的所述回波信号来生成接收波束;和

信号处理部,其对 n 个所述接收波束进行合成来生成1条扫描线上的合成接收波束,并获得超声波图像,其中, n 为3以上的整数,

生成所述1条扫描线的合成接收波束的 n 个所述接收波束根据通过 n 次不同的发送而得到的回波信号分别被生成,

所述 n 次不同的发送中的至少1次是兼作针对与所述扫描线不同的扫描线的发送的兼用发送。

2. 根据权利要求1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

所述发送波束形成器对所述发送口径权重以及所述发送延迟权重进行设定,使得所述 n 次不同的发送中的1次被合成发送的所述发送口径权重以及所述发送延迟权重,等于对其他的 $(n-1)$ 次的合成发送的所述发送口径权重以及所述发送延迟权重进行合成而得到的结果。

3. 根据权利要求1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

所述接收波束形成器根据通过所述兼用发送而接收的所述回波信号,在该两条扫描线上,分别形成所述接收波束。

4. 根据权利要求3所述的超声波诊断装置,其特征在于,

所述接收波束形成器按照每条扫描线来设定接收口径权重和接收延迟权重,并按照每条扫描线的所述接收口径权重以及接收延迟权重来形成所述接收波束,其中所述接收口径权重对加法运算信道进行规定,所述接收延迟权重对赋予给通过所述加法运算信道而得到的回波信号的延迟时间进行规定。

5. 根据权利要求2所述的超声波诊断装置,其特征在于,

所述发送口径权重被设定为在所述 $(n-1)$ 次的合成发送时,分别以排他的方式选择所述发送信道。

6. 根据权利要求5所述的超声波诊断装置,其特征在于,

所述 n 为3。

7. 根据权利要求6所述的超声波诊断装置,其特征在于,

所述发送口径权重被设定为在1次所述合成发送时,将奇数信道选择为所述发送信道。

8. 根据权利要求1所述的超声波诊断装置,其特征在于,

相邻的多个所述信道构成信道块,

所述发送口径权重以及发送延迟权重以所述信道块为单位进行设定。

9. 根据权利要求 8 所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述接收波束形成器根据通过所述兼用发送而接收的所述回波信号,在分别夹着该兼用发送所形成的两条扫描线的多条扫描线上,分别形成所述接收波束。
10. 根据权利要求 9 所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述接收波束形成器按照每条扫描线,设定对加法运算信道进行规定的接收口径权重,并且按照每个所述接收口径权重,设定多个不同的接收延迟权重,针对所述 1 条扫描线,在夹着该扫描线的多个扫描线上分别形成所述接收波束。
11. 根据权利要求 2 所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述超声波诊断装置具备开关,所述开关按照每次收发来决定与所述发送波束形成器以及所述接收波束形成器连接的信道即收发口径,
所述开关将在针对所述合成发送由所述兼用发送兼用的 2 条扫描线的各自的所述被合成发送时使用的全部发送信道,决定为所述收发口径。
12. 根据权利要求 1 所述的超声波诊断装置,其特征在于,
所述信号处理部具备增益调整部,所述增益调整部进行所述接收波束的增益调整。
13. 一种超声波诊断装置中的超声波图像取得方法,所述超声波诊断装置具备超声波探头,所述超声波探头具备多个信道,
所述超声波图像取得方法具备:
发送步骤,按照预先设定的发送口径权重和发送延迟权重,从所述超声波探头发送发送波束,其中所述发送口径权重对所述多个信道中的发送超声波脉冲的多个信道即发送信道进行规定,所述发送延迟权重对赋予给从该各发送信道发送的所述超声波脉冲的延迟时间分别进行规定;
接收步骤,对应于所述发送,根据通过所述多个信道接收的所述回波信号来生成接收波束;和
信号处理步骤,对 n 个所述接收波束进行合成来生成 1 条扫描线上的合成接收波束,获得超声波图像,其中 n 为 3 以上的整数,
在所述信号处理步骤中,生成所述 1 条扫描线的合成接收波束的 n 个所述接收波束根据通过 n 次不同的发送而得到的回波信号分别被生成,
所述 n 次不同的发送中的至少 1 次是兼作针对与所述扫描线不同的扫描线的发送的兼用发送。
14. 根据权利要求 13 所述的超声波图像取得方法,其特征在于,
所述发送口径权重以及发送延迟权重被设定为:所述 n 次不同的发送中的 1 次发送的所述发送口径权重以及发送延迟权重,等于对其他的 (n-1) 次的发送的所述发送口径权重以及所述发送延迟权重进行合成而得到的结果。

超声波诊断装置以及超声波图像取得方法

技术领域

[0001] 本发明涉及进行非线性成像的超声波成像技术,尤其是涉及利用了生物体的声音非线性特性的组织谐波成像、利用了造影剂的非线性振动特性的对比谐波成像。

背景技术

[0002] 超声波诊断装置是如下装置:从超声波探头向生物体内发送超声波脉冲,并通过超声波探头接收在生物体内进行了散射或者反射的超声波回波,对所接收到的超声波回波(接收回波)进行各种信号处理,由此得到生物体组织断层像、血流图像等,其被广泛用于医疗诊断。

[0003] 对生物体照射的超声波伴随着传播而波形发生失真。这是由于声压高的部分行进快而声压低的部分行进慢这样的声波波形的声音非线性性,因而随着声波的传播,这种波形失真逐渐积累。波形失真的发生意味着,以所发送的声波为基波分量的高次谐波分量、低频耦合分量、即非线性分量的发生。该非线性分量与声压的振幅的大致二次方成比例地发生于宽频带,因而通过将非线性分量图像化,能够得到对比分辨率、空间分辨率优异的图像。一般将这样的成像方法称为 THI (Tissue Harmonic Imaging :组织谐波成像)。

[0004] 此外,超声波诊断装置的摄像法之一存在使用了超声波造影剂的超声波造影法。超声波造影法是如下方法:将使微米量级的尺寸的微小气泡(微泡)稳定化的制剂作为超声波造影剂而预先静脉注射到生物体内,进行超声波摄像,其被广泛用于恶性肿瘤、梗塞那样的反映于血管系统的疾患的诊断。对于在超声波诊断中主要使用的数 MHz 的超声波,这种微泡系的超声波造影剂示出非常强的非线性响应。因此,在超声波造影法的超声波回波的非线性分量中,包含很多来自超声波造影剂的超声波回波。一般将通过提取这种非线性分量的超声波回波来进行图像化,从而描绘出血管构造等的成像方法称为 CHI (Contrast Harmonic Imaging :对比谐波成像)。

[0005] 如上所述,在 THI 或 CHI (无需对两者进行区分的情况下合称为谐波成像)中,使用基于生物体中的声波传播的声音非线性特性、造影剂振动的非线性特性而产生的非线性分量来进行图像化。在超声波回波中,由于原来便包含在发送声波中的基波分量和上述的非线性分量混合存在,因此需要从接收回波中对非线性分量进行提取。在从超声波回波中提取非线性分量的方法中,存在使用滤波器来分离非线性分量的方法(例如,参照专利文献 1)、PI (Pulse inversion, 脉冲反向)法(例如,参照专利文献 2)、以及振幅调制法(例如,参照专利文献 3)。

[0006] PI 法是如下方法:针对生物体的同一部位,发送声压波形的正负彼此反相的 2 个超声波脉冲,将它们的反射回波相加。由于基波分量以线性的方式动作,因而若发送彼此反相的发送波脉冲,则反射回波的基波分量也彼此反相,通过进行相加而被抵消。另一方面,非线性分量根据声压的正负而有不同的失真方式,因而即使发送反相的发送脉冲也成为不了反相的波形,即使彼此相加也不会被抵消。因此,若将反相发送脉冲的反射回波相加,则仅非线性分量残留。

[0007] 振幅调制法如专利文献 3 所记载的那样,与 PI 法同样地进行 2 次超声波的发送,但第二发送脉冲并非使声压波形反相,而是使声压级(振幅)低于第一发送脉冲。例如将第二发送脉冲的声压振幅设为第一发送脉冲的 1/2 来发送,通过从第一发送脉冲的反射回波中减去第二发送脉冲的反射回波的 2 倍,从而将反射回波中的基波分量去除。若将振幅调制法应用于 THI,则基波分量被抵消,仅非线性分量残留。此外,若将振幅调制法应用于 CHI,则不仅能够提取源自造影剂的高次谐波分量,还能够提取源自造影剂的声压振幅依赖的非线性分量,因此能够得到高 CTR(Contrast-to-Tissue Ratio) 的超声波造影图像。

[0008] 而且,也设计有将振幅调制法与 PI 法进行了结合的谐波成像。

[0009] 另一方面,在使用了 PI 法或振幅调制法的成像方法中,为了使声压波形反相而需要使发送电压波形的相位旋转 180 度,或者维持声压波形不变而使声压振幅变化。因此,在由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统中,若存在依赖于电压的振幅以及相位的失真、非线性特性,则不能充分地去除基波分量。

[0010] 作为解决此问题的方法,存在如下方法:通过对发送开口进行合成,从而作为发送声场来进行振幅调制法(例如,参照专利文献 4)。超声波探头具有由多个超声波振子所形成的信道。按照用于发送第一发送脉冲 P1 的多个信道和用于发送第二发送脉冲 P2 的多个信道的全部或一部分成为彼此不同的信道的方式对各信道进行分配。而且,用于发送第三发送脉冲 P3 的信道使用用于发送第一发送脉冲 P1 与第二发送脉冲 P2 的双方的信道。若这样构成,则第三发送脉冲 P3 的发送声场成为将第一发送脉冲 P1 的发送声场与第二发送脉冲 P2 的发送声场以线性的方式进行合成的发送声场。因此,通过实施 $P3-(P1+P2)$ 这样的运算,从而线性的基波分量被去除,非线性分量被提取。

[0011] 现有技术文献

[0012] 专利文献

[0013] 专利文献 1:美国专利第 5678553 号说明书

[0014] 专利文献 2:美国专利第 6095980 号说明书

[0015] 专利文献 3:美国专利第 5577505 号说明书

[0016] 专利文献 4:JP 特开 2009-22462 号公报

发明内容

[0017] 发明要解决的课题

[0018] 如上所述,在通常的振幅调制法中,向同一扫描线的收发进行 2 次即可。但是,在由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统中存在电压依赖的失真、非线性特性的情况下,难以实现高精度的基波分量的去除。虽然也能够预先求得发送系统的电压依赖的传递函数,对发送电压波形进行整形使得去除电失真,但调整非常繁杂,在存在超声波探头的信道偏差的情况下效果降低。

[0019] 另一方面,在如专利文献 4 所公开的技术那样,以排他的方式来选择发送第一发送脉冲 P1 的信道与发送第二发送脉冲 P2 的信道,并按照第三发送脉冲 P3 成为合成了第一发送脉冲 P1 与第二发送脉冲 P2 的发送脉冲的方式,通过发送声场进行合成的振幅调制法中,发送系统的失真、非线性性的问题得到解决。此外,在 1 个信道中不需要每次发送的发送电压的调整,摄像中的发送电压的调整也变得容易。但是,在这种情况下,必须对同一扫

描线进行至少 3 次的收发。因此,帧速率下降,在运动图像中,有可能产生迟缓。而且,在身体运动等的影响显著时,即使进行 $P3-(P1+P2)$ 的运算,基波分量也会残留。

[0020] 本发明鉴于上述情况而作,目的在于提供一种在超声波诊断装置中实现谐波成像的技术,该技术不受由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统的电压依赖的失真、非线性特性的影响,发送电压的调整也容易,并且帧速率与现有的 PI 法实质上等同。

[0021] 解决课题的手段

[0022] 本发明在通过对发送声场进行合成,从而去除声波的基波分量,对所提取到的非线性分量的回波进行图像化的振幅调制法中,将用于获得 1 条扫描线的多次的收发中的至少 1 次收发兼用作用于获得其他的扫描线的收发。根据通过兼用的收发而得到的回波信号,分别形成兼用的两条扫描线上的接收波束。

[0023] 具体来说,提供一种超声波诊断装置,其从具备多个信道的超声波探头向被检体发送超声波脉冲,并根据所得到的回波信号获得超声波图像,所述超声波诊断装置的特征在于,具备:发送波束形成器,其按照每次发送设定发送口径权重和发送延迟权重,其中所述发送口径权重对所述多个信道中的发送所述超声波脉冲的多个信道即发送信道进行规定,所述发送延迟权重对赋予给从该各发送信道发送的所述超声波脉冲的延迟时间分别进行规定;接收波束形成器,其按照每次发送,根据通过所述多个信道接收的所述回波信号来生成接收波束;和信号处理部,其对 n (n 为 3 以上的整数) 个所述接收波束进行合成来生成 1 条扫描线上的合成接收波束,并获得超声波图像,在所述超声波诊断装置中,生成所述 1 条扫描线的合成接收波束的 n 个所述接收波束根据通过 n 次不同的发送而得到的回波信号分别生成,所述 n 次不同的发送中的至少 1 次是兼作针对与所述扫描线不同的扫描线的发送的兼用发送。

[0024] 发明效果

[0025] 根据本发明,在超声波诊断装置中实现谐波成像时,能够不受由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统的电压依赖的失真、非线性特性的影响,发送电压的调整也容易,并且使帧速率与现有的 PI 法实质上同等。

附图说明

[0026] 图 1(a) 是第一实施方式的超声波诊断装置的装置构成框图。图 1(b) 是第二实施方式的变形例的超声波诊断装置的信号处理部的功能框图。

[0027] 图 2(a) 是用于说明第一实施方式的信道的构成的说明图。图 2(b) 是用于说明第一实施方式的收发口径的说明图。

[0028] 图 3(a) 以及 (b) 是用于说明现有的基于发送开口的振幅调制法的、各发送时的发送口径权重以及发送延迟权重的说明图。

[0029] 图 4(a) 是用于说明现有的基于发送开口的振幅调制法的说明图。图 4(b) 是用于说明现有的基于发送开口的振幅调制法的发送口径权重以及发送延迟权重的说明图。

[0030] 图 5 是用于说明现有的基于发送开口的振幅调制法的收发次数的说明图。

[0031] 图 6 是用于说明第一实施方式的收发次数的说明图。

[0032] 图 7(a) 以及 (b) 是用于说明第一实施方式的、各发送时的发送口径权重以及发送

延迟权重的说明图。

[0033] 图 8 是用于说明第一实施方式的、各接收时的接收口径权重以及各收发时的收发口径的说明图。

[0034] 图 9 是现有的基于发送开口的振幅调制法下的基波以及谐波分量的波束分布图。

[0035] 图 10 是基于第一实施方式的振幅调制法的基波以及谐波分量的发送声场的波束分布图。

[0036] 图 11 是用于说明第二实施方式的、各发送时的发送口径权重以及发送延迟权重的说明图。

[0037] 图 12 是用于说明第二实施方式的、各接收时的接收口径权重以及各收发时的收发口径的说明图。

[0038] 图 13 是用于说明第二实施方式的变形例的、各接收时的接收口径权重、各收发时的收发口径以及所形成的接收波束的说明图。

[0039] 图 14 是基于第二实施方式的振幅调制法的基波以及谐波分量的发送声场的波束分布图。

[0040] 图 15 是用于说明第三实施方式的各收发时的接收口径权重的说明图。

具体实施方式

[0041] 《第一实施方式》

[0042] 以下,使用附图对应用本发明的第一实施方式进行说明。另外,在用于说明各实施方式的所有图中,具有同一功能的则标注同一名称以及同一符号,并省略其重复说明。

[0043] 首先,使用图 1(a) 对本实施方式的超声波诊断装置 100 进行说明。本实施方式的超声波诊断装置 100 具备超声波探头 110、控制部 130、被控制部 120 和用户接口 (UI) 140。

[0044] 超声波探头 110 具备多个具有从电信号向声波变换、从声波向电信号变换的功能的电声变换元件(振子)。这些电声变换元件在超声波探头 110 内按规定方式一维或二维地排列,构成超声波收发面。超声波探头 110 被设成适于使超声波收发面与摄像对象(被检体)相接触来使用的外形。

[0045] 如图 2(a) 所示,所排列的多个电声元件被虚拟地或者物理地分割成预先规定的多个信道 200。各信道由 1 个以上的电声变换元件构成。在图 2(a) 中,例示将 M 个(M 为 1 以上的整数)信道 200 一维排列的情况。对于各个信道 200,从任意一端起按顺序赋予信道编号 m(m 为 1 以上且 M 以下的整数)。在需要区别各个信道的情况下,将其称为信道 200(m)。

[0046] 控制部 130 对被控制部 120 内的各部的动作进行控制。此外,在控制部 130,连接受理来自用户的指示的 UI140。控制部 130 按照经由 UI140 根据需要而从用户受理的指示,对被控制部 120 内的各部的动作进行控制,例如,实现 THI、CHI 等摄像方法。

[0047] 控制部 130 具备 CPU、存储器和存储装置。通过由 CPU 将经由 UI140 的来自用户的指示、以及预先保持在存储装置中的程序加载到存储器中并执行,从而实现上述控制。

[0048] 被控制部 120 具备:发送波束形成器 151,其生成决定发送波束的发送信号;发送电路 152,其起到将来自发送波束形成器 151 的发送信号进行放大的发送放大器的作用;交叉点开关 (MUX) 153,其控制向从 M 个信道 200 中作为收发口径而使用的多个信道 200 的连

接;T/R 开关 154,其与超声波探头 110 连接并进行对发送信号与接收信号进行分离的收发分离;接收电路 155,其具备对接收信号进行放大以及滤波器处理的模拟前端部(AFE)的功能、以及进行模拟数字变换的 A/D 变换器的功能;接收波束形成器 156,其对 A/D 变换后的接收回波信号进行所希望的滤波器处理、延迟加法运算处理,得到接收波束;存储器 161,其对在接收波束形成器 156 中得到的接收波束进行保存;信号处理部 162,其使用保存在存储器 161 中的接收波束、从接收波束形成器 156 直接输出的接收波束,进行线性运算,得到合成接收波束;检波部 163,其对合成接收波束进行检波;数字扫描转换器(DSC)164,其将检波后的合成接收波束转换成画面显示用的数据;和显示部 165,其显示变换后的数据。

[0049] 每次收发时 MUX153 设定与被控制部 120 的 T/R 开关 154 连接的信道 200。将由 MUX153 设定的所连接的信道 200 的范围称为收发口径 310。

[0050] 本实施方式的 MUX153 按照控制部 130 的指示,如图 2(b) 所示,对应于收发而变更所连接的信道 200,并变更收发口径 310。收发口径 310 的变更模式被预先准备,并被存储在超声波诊断装置 100 所具备的存储部等中。

[0051] 发送波束形成器 151 经由发送电路 152、T/R 开关 154 以及 MUX153 与超声波探头 110 连接。本实施方式的发送波束形成器 151 决定对超声波探头 110 的各信道 200 给予的电压,并作为发送信号而发送给超声波探头 110。即,在本实施方式中,通过发送波束形成器 151 所进行的施加电压控制,来决定从超声波探头 110 的各信道 200 发送的超声波脉冲。

[0052] 在本实施方式中,在振幅调制法中,通过对发送开口进行合成来去除基波分量。因此,本实施方式的发送波束形成器 151 决定对每次发送的发送开口即发送超声波脉冲的多个信道(以后称为发送信道)进行规定的信息、以及决定发送波焦点的深度(聚焦距离)的对赋予给各发送信道的延迟时间进行规定的信息,由此生成向各个信道 200 送出的发送信号。

[0053] 在本实施方式中,对发送信道进行规定的信息作为发送口径权重来设定。发送口径权重对从收发口径 310 的各信道 200 发送的超声波脉冲的声压进行规定。通过将各信道 200 发送的超声波脉冲的声压设为 0,从而从该信道不发送超声波脉冲。利用此方式,本实施方式的发送波束形成器 151 通过设定发送口径权重,来同时对发送信道的选择、以及从所选择的发送信道发送的超声波脉冲的声压进行规定。

[0054] 对赋予给各发送信道的延迟时间进行规定的信息作为发送延迟权重来设定。另外,发送波束形成器 151 对向各发送信道施加电压的定时进行控制,由此控制赋予给各发送信道的延迟时间。一般按照发送波焦点来到规定范围的中心的方式,决定发送延迟权重。将这称为针对该中心位置形成发送延迟权重。

[0055] 像这样,本实施方式的发送波束形成器 151 每次发送时对发送口径权重以及发送延迟权重进行设定。然后,按照所设定的发送口径权重以及发送延迟权重,生成针对由 MUX153 选择的每个信道 200 的发送信号,并输出到发送电路 152。

[0056] 另外,发送口径权重以及发送延迟权重按照经由 UI140 的来自用户的指示或者控制部 130 的指示来设定。控制部 130 将每次发送的发送口径权重以及发送延迟权重的设定预先在存储装置中保持几种,并根据用户的选择向发送波束形成器 151 发出指示。

[0057] 由此,在控制部 130 的控制下,按照每个信道 200,具有与发送波焦点相匹配的延迟时间的发送信号从发送波束形成器 151 输出,经由发送电路 152、T/R 开关 154、MUX153 向

构成超声波探头 110 的各信道 200 的电声元件发送。

[0058] 超声波探头 110 的各电声变换元件将发送信号变换为超声波脉冲。通过从各电声变换元件发出超声波脉冲,从而在用户设定的焦点位置形成将焦点连结的声场(发送波束)。

[0059] 所发送的超声波脉冲在摄像对象内进行反射,反射了的回波在超声波探头 110 进行补充,并按照每个信道 200 变换成模拟电信号。模拟电信号经过 MUX153、T/R 开关 154、接收电路 155,作为回波信号而被输入到接收波束形成器 156。

[0060] 在接收波束形成器 156 中,按照控制部 130 的控制,对每个信道 200 的回波信号给予延迟来进行加法运算,形成规定的扫描线(光栅)上的接收波束。所形成的光栅位置通过进行加法运算的回波信号的选择来决定。将接收到进行加法运算的回波信号的信道 200 称为加法运算信道。另外,在加法运算时,通过对各回波信号给予规定的延迟,来得到所希望的深度的接收波束。

[0061] 接收波束形成器 156 通过接收口径权重来规定加法运算信道。此外,对各加法运算信道所得到的回波信号给予的延迟通过接收延迟权重来规定。本实施方式的接收波束形成器 156 每次接收时设定接收口径权重以及接收延迟权重,并按照设定,根据通过由收发口径 310 规定的信道 200 而接收到的回波信号组来生成接收波束。

[0062] 另外,本实施方式的接收波束形成器 156 根据通过 1 次发送而在各信道 200 中所得到的回波信号组,形成多个光栅上的接收波束。为了实现这点,本实施方式的接收波束形成器 156 能够设定多个接收口径权重以及多个接收延迟权重。将根据 1 次发送所得到的回波信号组而生成的不同的多个接收波束称为接收平行波束。

[0063] 为了接收平行波束的生成,本实施方式的接收波束形成器 156 也可以具备多个延迟加法运算功能。延迟加法运算功能是按照对由加法运算信道取得的回波信号组预先规定的接收延迟权重给予延迟来进行加法运算的功能。此外,也可以构成为能够以时间分割的方式生成多个波束。

[0064] 这样,本实施方式的接收波束形成器 156 每次接收时对接收口径权重以及接收延迟权重进行设定,并按照所设定的接收口径权重以及发送口径权重,在规定的扫描线上形成接收波束。

[0065] 接收口径权重以及接收延迟权重按照经由 UI140 的来自用户的指示或者控制部 130 的指示来设定。控制部 130 将每次接收的接收口径权重以及接收延迟权重的设定预先保持几种在存储装置中,并根据用户的选择向接收波束形成器 156 发出指示。

[0066] 由此,在控制部 130 的控制下,将在规定的扫描线上形成的接收波束从接收波束形成器 156 输出,保存到存储器 161 中。或者,直接输出到信号处理部 162。

[0067] 信号处理部 162 若按照控制部 130 的控制,得到能够形成 1 条扫描线(光栅)的数量的接收波束,则进行线性运算处理,生成合成信号(合成接收波束)。该处理的详细内容在后面叙述。将所得到的合成接收波束在检波部 163 进行检波,在 DSC164 变换为画面显示用的数据,在显示部 165 显示为超声波诊断图像。

[0068] 另外,信号处理部 162 除了进行线性运算处理以外,还针对接收波束进行放大处理、规定的滤波器处理。放大处理根据用户经由 UI140 而设定的 TGC(Time gain compensation,时间增益补偿)、放大率等来进行。

[0069] 此外,发送波束形成器 151、接收波束形成器 156 以及信号处理部 162 也可以构成为分别具备 CPU、存储器,通过 CPU 将预先保持的程序加载到存储器中,来执行上述各处理。此外,也可以在各部共享这些资源。此外,也可以分别通过专用的硬件来构筑。

[0070] 此外,也可以不具备 MUX153。例如,也可以在 T/R 开关 154 连接所有的信道 200,通过上述的发送口径权重、接收口径权重,来选择用于各收发的信道。即,也可以通过发送波束形成器 151 所进行的向各信道 200 的施加电压的控制,来设定所连接的信道 200。例如,在超声波诊断装置 100 的被控制部 120 侧所具有的信道数为超声波探头 110 所构成的信道数以上的情况下有效。

[0071] 此外,超声波诊断装置 100 的除了超声波探头 110 以外的其他的构成可以作为主体装置而搭载于与超声波探头 110 不同的框体,也可以将一部分配置在超声波探头 110 的内部。

[0072] 接着,对使用了上述的超声波诊断装置 100 的、基于利用了发送开口的合成的振幅调制法的谐波成像的摄像法进行说明。在进行本实施方式的摄像法的说明之前,先使用图 3、图 4、图 5 对现有的基于利用了发送开口的合成的振幅调制法的谐波成像方法进行说明。

[0073] 在通过对发送开口进行合成来去除基波分量的振幅调制法中,对于应合成的超声波脉冲的波形,并非进行电子控制,而是形成为发送声场。在此,举例说明如下情况:针对通过发送信道分别被排他地设定的第一发送和第二发送、以及将由第一发送和第二发送所使用的两信道设为发送信道的第三发送这 3 次发送而得到的回波信号,在信号处理部 162 中进行被称为谐波信号处理的运算,得到针对 1 条扫描线的合成接收波束。

[0074] 超声波探头 110 设为具备信道 200(1) ~ 200(M) 的 M 个信道。此外,将第三发送所使用的信道 200 的范围设为收发口径 310,将其信道数设为 m。另外,m 设为 2 以上且 M 以下的偶数。

[0075] 在此,在从第三发送所使用的信道 200 的左端起逐一赋予了识别编号的情况下,将被赋予奇数的识别编号的信道 200 称为奇数信道,将被赋予偶数的识别编号的信道 200 称为偶数信道。

[0076] 图 3(a) 以及图 3(b) 中示出这种情况下的各发送时的发送口径权重、发送延迟权重、收发口径。在此,作为一例,举例说明将信道 200(1) ~ 200(m) 设为收发口径 311 的光栅 A、以及与光栅 A 相邻的将信道 200(2) ~ 200(m+1) 设为收发口径 311 的光栅 B。即,相邻的光栅之间(例如,光栅 A 与光栅 B 之间)的间隔设为信道 200 的 1 个单位。另外,在本图中,被全面涂黑的信道 200 是发送信道。以下,设为同样。

[0077] 如图 3(a) 上段所示,针对将信道 200(1) ~ 200(m) 设为收发口径 311 的光栅 A 的第一发送时的发送口径权重 321-1 设定为仅对奇数信道(奇数 ch) 给予声压。如图 3(a) 所示,所设定的发送口径权重 321-1 例如形成为越是接近光栅 A 的信道 200,则以越大的声压来发送超声波。此外,如图 3(a) 中段所示,第二发送时的发送口径权重 321-2 设定为仅对偶数信道(偶数 ch) 给予声压。此外,如图 3(a) 下段所示,第三发送时的发送口径权重 321-3 设定为对全部信道(全部 ch) 给予声压。

[0078] 另一方面,在任意的发送时,均针对光栅 A 形成发送延迟权重 331。所设定的发送延迟权重 331 例如设定为越是与通过收发口径 311 的中心的的光栅 A 接近的信道 200,则为越

大的延迟时间。

[0079] 针对与光栅 A 相邻的光栅 B 的发送也同样。如图 3(b) 上段所示, 针对将信道 200(2) ~ 200(m+1) 设为收发口径 312 的光栅 B 的第一发送时的发送口径权重 322-1 设定为仅对奇数信道给予声压。此外, 如图 3(b) 中段所示, 第二发送时的发送口径权重 322-2 设定为仅对偶数信道给予声压。此外, 如图 3(b) 下段所示, 第三发送时的发送口径权重 322-3 设定为对全部信道给予声压。另一方面, 在任意的发送时, 全都针对光栅 A 形成发送延迟权重 332。

[0080] 这样, 在将信道 200(k) ~ 200(m+k-1) (k 是 1 以上且 (M-m) 以下的整数) 设定为收发口径 311 的情况下, 对于第一次的发送 (第一发送), 控制为仅信道 200(k) ~ 200(m+k-1) 的奇数信道 (奇数 ch) 被激发。即, 控制为仅从奇数信道发送超声波脉冲。

[0081] 这样的控制在发送波束形成器 151 中通过设定发送口径权重来实现。此外, 此时, 针对位于信道 200(k) ~ 200(m+k-1) 的中心的光栅 K 设定发送延迟权重 341。例如, 将通过第一发送而发送的超声波脉冲称为第一发送脉冲。

[0082] 如图 4(a) 所示, 来自发送给被检体的第一发送脉冲的反射波 (回波信号) 以收发口径 311 为接收开口而被接收。然后, 在接收波束形成器 156 中, 形成第一接收波束 KR1, 并保存在存储器 161 中。另外, 在接收波束形成器 156 中, 通过对回波信号组赋予接收延迟权重 341 来进行加法运算从而形成第一接收波束 KR1。如图 4(b) 所示, 针对位于收发口径 311 的中心的的光栅 K 设定接收延迟权重 341。

[0083] 对于第二次的发送 (第二发送), 控制为仅信道 200(k) ~ 200(m+k-1) 的偶数信道 (偶数 ch) 被激发。即, 控制为仅从偶数信道发送超声波脉冲。基于该第二发送的反射波 (回波信号) 以收发口径 311 为接收开口而被接收。然后, 在接收波束形成器 156 中, 形成第二接收波束 KR2, 并保存在存储器 161 中。另外, 在接收波束形成器 156 中, 通过对回波信号组赋予接收延迟权重 341 来进行加法运算而形成第二接收波束 KR2。

[0084] 对于第三次的发送 (第三发送), 控制为信道 200(k) ~ 200(m+k-1) 的全部信道被激发。即, 控制为从全部信道发送超声波脉冲。基于第三发送的反射波 (回波信号) 以收发口径 311 为接收开口而被接收。然后, 在接收波束形成器 156 中, 形成第三接收波束 KR3, 并保存在存储器 161 中。另外, 在接收波束形成器 156 中, 通过对回波信号组赋予接收延迟权重 341 来进行加法运算而形成第三接收波束 KR3。

[0085] 然后, 在信号处理部 162 中, 通过从第三接收波束 KR3 中减去将第一接收波束 KR1 与第二接收波束 KR2 相加而得到的结果, 从而基波分量被去除, 仅非线性分量被提取, 得到光栅 K 的位置的合成接收波束 K。

[0086] 这样, 在现有的基于发送声场的振幅调制法中, 在第一发送~第三发送中, 关于发送口径权重, 第三发送的发送口径权重成为第一发送以及第二发送的发送口径权重的合成, 并且发送延迟权重设定为全都相等。通过这样进行设定, 从而若将第一发送中的线性的发送声场与第二发送中的线性的发送声场进行合成, 则与第三发送中的线性声场相等。

[0087] 另一方面, 在被检体内传播的第一~第三发送脉冲随着传播, 由于被检体的声音非线性而产生波形失真。即, 产生高次谐波、低频耦合音的同时, 在被检体内进行传播。因此, 在存储器 161 中保存的第一~第三接收波束中, 包含高次谐波、低频耦合音的分量的反射回波分量。

[0088] 这样的高次谐波、低频耦合音成为与所发送的基波脉冲的声压 P 的大致二次方成比例的大小。因此,高次谐波、低频耦合音的旁瓣电平比基波脉冲的旁瓣电平小。此外,高次谐波、低频耦合音在宽频带产生。因此,仅使用高次谐波、低频耦合音的分量来进行成像的图像成为与通过基波脉冲分量来进行成像的图像相比对比分辨率、空间分辨率更优异的图像。

[0089] 如上所述,第一发送时以及第二发送时的发送面积成为第三发送时的一半。因此,在第一~第三发送中被激发的各信道 200 中,若每次发送都施加相同的电压波形,则第一发送时以及第二发送时的基波脉冲的声压成为第三发送时的基波脉冲的声压的一半。即,若将第三发送时的基波脉冲的声压设为 P ,则第一以及第二发送时的基波脉冲的声压成为 $P/2$ 。

[0090] 此外,高次谐波、低频耦合音与基波脉冲的声压的大致二次方成比例地产生。即,第一发送时以及第二发送时在发送声场侧的声压为 $(P/2)+(P/2)^2$ 。在此,第一项是线性分量,第二项是非线性分量。另一方面,第三发送时在发送声场侧的声压若设为同样的标记则表示为 $P+P^2$ 。由于反射了的回波的声压振幅非常小,因此若假设反射后也维持声压关系,则在第一~第三发送相对应的各回波信号之间、以及根据各回波信号而生成的接收波束之间也维持这些关系。即,若将第三接收波束的声压的大小设为 $R+R^2$,则第一接收波束以及第二接收波束的声压的大小成为 $(R/2)+(R/2)^2$ 。

[0091] 因此,从第三接收波束 $KR3$ 中减去将第一接收波束 $KR1$ 与第二接收波束 $KR2$ 相加而得到的结果,所得到的合成接收波束 K 成为提取了由 $R^2/2$ 的非线性分量构成的信号的接收波束。

[0092] 但是,在作为现有的谐波成像方法而被广泛使用的脉冲/反向(PI)法中,用彼此反相的超声波脉冲来进行 2 次的收发。因此,在发送电路 152 中包含的发送放大器等存在电压依赖的失真特性的情况下会残留有基波脉冲分量。

[0093] 另一方面,在上述的基于利用了发送开口的合成的振幅调制法的谐波成像方法中,在第一~第三发送中被激发的信道 200,全都被施加相同的电压波形。因此,即使在发送放大器等存在电压依赖的失真特性的情况下,也能够仅提取谐波分量。但是,在上述的基于利用了发送开口的合成的振幅调制法的谐波成像方法中,为了得到 1 条扫描线(光栅)的接收波束,需要进行 3 次以上的收发。

[0094] 图 5 中用具体例表示现有方法的情况的收发次数。在此,举例说明使收发口径 310 依次移动,生成按顺序相邻的光栅 A、光栅 B、光栅 C、光栅 D、光栅 E 的合成接收波束的情况。

[0095] 如本图所示,为了得到光栅 A 的合成接收波束 A,需要 3 个接收波束 $AR1$ 、 $AR2$ 、 $AR3$,它们根据 3 个回波信号 $AE1$ 、 $AE2$ 、 $AE3$ 而得到。为了得到这 3 个回波信号 $AE1$ 、 $AE2$ 、 $AE3$,需要进行 3 次的发送脉冲的发送 $AT1$ 、 $AT2$ 、 $AT3$ 。

[0096] 关于光栅 B 的合成接收波束 B、光栅 C 的合成接收波束 C、光栅 D 的合成接收波束 D、光栅 E 的合成接收波束 E 也同样地分别需要进行 3 次的发送。

[0097] 这样,为了得到各光栅的合成接收波束,需要进行 3 次的收发,与 2 次即可的 PI 法相比帧速率下降。因此,产生运动图像的迟缓、或者产生身体运动所引起的伪影的可能性增高。

[0098] 本实施方式的超声波诊断装置 100 为改善这样的帧速率的下降,使用了发送开口

的合成的振幅调制法,并且实现帧速率与现有的 PI 法同等程度的谐波成像方法。

[0099] 接着,说明本实施方式的超声波诊断装置 100 的基于利用了发送开口的合成的振幅调制法的谐波成像法。

[0100] 在本实施方式中也与现有同样,对于第一发送,从收发口径的奇数信道发送超声波脉冲,对于第二发送,从收发口径的偶数信道发送,对于第三发送,从收发口径的全部信道发送。然后,根据通过每次发送而得到的回波信号,生成第一接收波束、第二接收波束、第三接收波束,并将它们如上所述进行合成,由此在规定的扫描线上形成合成接收波束。

[0101] 但是,在本实施方式中,将各光栅用的第二发送兼用作相邻的光栅用的第一发送,根据通过第二发送而得到的回波信号,不仅生成该光栅用的第二接收波束,还生成相邻的光栅用的第一接收波束。图 6 中示出本实施方式的收发次数的具体例。与图 5 同样,举例说明生成按顺序相邻的光栅 A、光栅 B、光栅 C、光栅 D、光栅 E 的合成接收波束的情况。

[0102] 如本图所示,为了得到最初的光栅 A 的合成接收波束 A,需要 3 个接收波束 AR1、AR2、AR3,它们根据 3 个回波信号 AE1、AE2、AE3 而得到。为了得到这 3 个回波信号 AE1、AE2、AE3,需要进行 3 次的发送 AT1、AT2、AT3。

[0103] 另一方面,为了得到与光栅 A 相邻的光栅 B 的合成接收波束 B,同样需要 3 个接收波束 BR1、BR2、BR3。但是,在这些接收波束 BR1、BR2、BR3 中,接收波束 BR1 根据由针对光栅 A 的第二发送 AT2 得到的回波信号 AE2 而得到。即,在本实施方式中,根据由针对光栅 A 的第二发送 AT2 得到的回波信号 AE2,得到针对光栅 A 的第二接收波束 AR2 和针对光栅 B 的第一接收波束 AR1。

[0104] 因此,为了得到光栅 B 的合成接收波束 B,需要 3 个接收波束 BR1、BR2、BR3,它们通过针对光栅 A 的第二发送 AT2、针对光栅 B 的第二发送 BT2、以及针对光栅 B 的第三发送 BT3 的发送而得到。即,针对光栅 B 的发送有 BT2 和 BT3 这 2 次即可。

[0105] 关于光栅 C 的合成接收波束 C、光栅 D 的合成接收波束 D、光栅 E 的合成接收波束 E 也同样地,分别通过 2 次的发送而得到。

[0106] 在本实施方式中,通过发送波束形成器 151 中的发送口径权重以及发送延迟权重的设定、接收波束形成器 156 中的接收口径权重以及接收延迟权重的设定、以及 MUX153 中的收发口径的设定,来实现上述那样的收发。以下,关于将其实现的上述设定的详细内容进行说明。关于各光栅,将在使用全部信道的第三发送中使用的信道数设为 m 。此外,在此, m 设为 1 以上且 m 以下的偶数。

[0107] 首先,使用图 7(a) 来说明最初的针对光栅 A 的发送时的、发送波束形成器 151 中的发送口径权重以及发送延迟权重的设定。假设针对光栅 A 的发送时使用信道 200(1) ~ 200(m)。

[0108] 如图 7(a) 上段所示,针对光栅 A 的第一发送时,发送口径权重 421-1 设定为,仅对信道 200(1) ~ 200(m) 中的奇数信道施加声压。即,发送口径权重 421-1 设定为在信道 200(1) ~ 200(m-1) 的范围内确定的有效发送口径 411-1。通过该发送口径权重 421-1,从而将奇数信道选择为发送超声波脉冲的发送信道。此时,针对有效发送口径 411-1 的中心位置的光栅 A-1 形成发送延迟权重 431-1。

[0109] 如图 7(a) 中段所示,在针对光栅 A 的第二发送时,发送口径权重 421-2 设定为仅对信道 200(1) ~ 200(m) 中的偶数信道施加声压。即,发送口径权重 421-2 设定为在信道

200(2) ~ 200(m) 的范围内确定的有效发送口径 411-2。通过该发送口径权重 421-2, 从而将偶数信道选择为发送超声波脉冲的发送信道。此时, 针对有效发送口径 411-2 的中心位置的光栅 A-2 形成发送延迟权重 431-2。

[0110] 在针对光栅 A 的第三发送时, 将发送口径权重 421-1 以及发送口径权重 421-2 进行合成而得到的结果设定为发送口径权重 421-3。如图 7(a) 下段所示, 设定为对信道 200(1) ~ 200(m) 中的奇数信道以及偶数信道即全部信道施加声压。即, 发送口径权重 421-3 设定为在信道 200(1) ~ 200(m) 的范围内确定的有效发送口径 411-3。通过该发送口径权重 421-3, 从而将全部信道选择为发送超声波脉冲的发送信道。

[0111] 此外, 在针对光栅 A 的第三发送时, 将发送延迟权重 431-1 以及发送延迟权重 431-2 进行合成而得到的结果设定为发送延迟权重 431-3。在此, 如图 7(a) 下段所示, 将针对光栅 A-1 的发送延迟权重 431-1 与针对光栅 A-2 的发送延迟权重 431-2 进行合成, 针对有效发送口径 411-3 的中心的中心的光栅 A 来形成。

[0112] 接着, 使用图 7(b) 来说明针对与光栅 A 相邻的光栅 B 的发送。假设针对光栅 B 的发送时使用信道 200(2) ~ 200(m+1)。

[0113] 在针对光栅 B 的第一发送时, 如图 7(b) 的上段所示, 发送口径权重 422-1 设定为仅对信道 200(2) ~ 200(m+1) 的奇数信道施加声压。由于信道 200(2) ~ 200(m+1) 的奇数信道与信道 200(1) ~ 200(m) 的偶数信道相同, 因此能够使该发送口径权重 422-1 与针对光栅 A 的第二发送的发送口径权重 421-2 一致。

[0114] 此外, 在针对光栅 B 的第一发送时, 针对在信道 200(2) ~ 200(m) 的范围内确定的有效发送口径 412-1 的中心光栅 B-1, 设定发送延迟权重 432-1。该有效发送口径 412-1 与针对光栅 A 的第二发送时的有效发送口径 411-2 相同。因此, 该发送延迟权重 432-1 与针对光栅 A 的第二发送的发送延迟权重 431-2 一致。

[0115] 这样, 针对光栅 B 的第一发送的发送口径权重 422-1 以及发送延迟权重 432-1 均分别与针对相邻的光栅 A 的第二发送的发送口径权重 421-2 以及发送延迟权重 431-2 相同。因此, 在本实施方式中, 也可以不进行针对与光栅 A 相邻的光栅 B 的第一发送, 而使用由针对光栅 A 的第二发送所得到的回波信号。

[0116] 此外, 如图 7(b) 中段所示, 在针对光栅 B 的第二发送时, 发送口径权重 422-2 设定为仅对信道 200(2) ~ 200(m+1) 中的偶数信道施加声压。即, 发送口径权重 422-2 设定为在信道 200(3) ~ 200(m+1) 的范围内确定的有效发送口径 412-2。通过该发送口径权重 421-2, 从而将偶数信道选择为发送超声波脉冲的发送信道。此时, 针对有效发送口径 412-2 的中心位置的光栅 B-2, 形成发送延迟权重 432-2。

[0117] 然后, 通过针对该光栅 B 的第二发送而得到的回波信号也用于与光栅 B 相邻的光栅 C。

[0118] 另外, 在针对光栅 B 的第三发送时, 将发送口径权重 422-1 以及发送口径权重 422-2 进行合成而得到的结果设定为发送口径权重 422-3。如图 7(b) 下段所示, 设定为对信道 200(2) ~ 200(m+1) 中的奇数信道以及偶数信道即全部信道施加声压。即, 发送口径权重 422-3 设定为在信道 200(2) ~ 200(m+1) 的范围内确定的有效发送口径 412-3。通过该发送口径权重 422-3, 从而将全部信道选择为发送超声波脉冲的发送信道。

[0119] 此外, 在针对光栅 B 的第三发送时, 将发送延迟权重 432-1 以及发送延迟权重

432-2 进行合成而得到的结果设定为发送延迟权重 432-3。在此,如图 7(b) 下段所示,将针对光栅 B-1 的发送延迟权重 432-1 与针对光栅 B-2 的发送延迟权重 432-2 进行合成,针对有效发送口径 412-3 的中心的栅 B 来形成。

[0120] 这样,在本实施方式中,针对规定的光栅 K(K 为 2 以上的整数)的第二发送兼用于针对与光栅 K 相邻的光栅 L 的第一发送。发送波束形成器 151 设定各发送的发送口径权重以及发送延迟权重,使得能够实现该兼用。此外,将不兼用的第三发送的发送口径权重以及发送延迟权重分别设定为,与将第一发送和第二发送的发送口径权重以及发送延迟权重进行合成而得到的结果相等。

[0121] 通过设为以上那样的构成,能够使通过规定的光栅的第二发送而得到的回波信号与应该通过相邻的光栅的第一发送而得到的回波信号完全一致。

[0122] 接着,使用图 8 对本实施方式的接收时的接收波束形成器 156 所设定的接收口径权重以及接收延迟权重进行说明。

[0123] 如上所述,任意的栅 K 的第二发送也兼用于与光栅 K 相邻的光栅 L 的第一发送。因此,本实施方式的接收波束形成器 156 根据通过该被兼用的发送而得到的回波信号,在光栅 K 上以及光栅 L 上分别形成接收波束。关于将其实现的各接收时的接收口径权重以及收发时的收发口径的设定,以下使用具体例来进行说明。

[0124] 在此,也将信道 (1) ~ 信道 (m) 的中心位置设为光栅 A,将信道 (2) ~ 信道 (m+1) 的中心位置设为光栅 B,将信道 (3) ~ 信道 (m+2) 的中心位置设为光栅 C。

[0125] 光栅 A 的第二发送也兼用于与光栅 A 相邻的光栅 B 的第一发送。因此,本实施方式的接收波束形成器 156 在基于光栅 A 的第二发送的回波信号的接收时对接收口径权重进行设定,使得根据通过该发送而得到的回波信号,在光栅 A 上以及光栅 B 上,分别形成第二接收波束 AR2 以及第一接收波束 BR1。

[0126] 为了在光栅 A 上形成第二接收波束 AR2,接收波束形成器 156 需要对通过信道 200(1) ~ 200(m) 而得到的回波信号组进行加法运算。此外,为了在光栅 B 上形成第一接收波束 BR1,接收波束形成器 156 需要对通过信道 200(2) ~ 200(m+1) 而得到的回波信号组进行加法运算。

[0127] 因此,本实施方式的接收波束形成器 156 设定 2 个不同的接收口径权重。即,作为第一接收口径权重,设定将信道 200(1) ~ 200(m) 选择为加法运算信道的接收口径权重 441-2。此外,作为第二接收口径权重,设定将信道 200(2) ~ 200(m+1) 选择为加法运算信道的接收口径权重 442-1。

[0128] 此外,接收波束形成器 156 设定对通过按照各个接收口径权重选择的加法运算信道而得到的回波信号组给予的接收延迟权重。然后,对按照接收口径权重提取的回波信号组,给予所设定的接收延迟权重的同时进行加法运算处理,形成第二接收波束 AR2 以及第一接收波束 BR1,并保存到存储器 161 中。

[0129] 下一个光栅 B 的第二发送也兼用于与光栅 B 相邻的光栅 C 的第二发送。因此,本实施方式的接收波束形成器 156 在光栅 B 的第二发送时对接收口径权重进行设定,使得根据通过该发送而得到的回波信号,在光栅 B 上以及光栅 C 上,分别形成第二接收波束 BR2、第一接收波束 CR1。

[0130] 即,为了形成光栅 B 上的第二接收波束 BR2,接收波束形成器 156 设定使信道

200(2) ~ 200(m+1) 成为加法运算信道的接收口径权重 442-2。此外,为了形成光栅 C 上的第一接收波束 CR1,设定使信道 200(3) ~ 200(m+2) 成为加法运算信道的接收口径权重 443-1。

[0131] 此外,接收波束形成器 156 设定对通过按照各个接收口径权重选择的加法运算信道而得到的回波信号组给予的接收延迟权重。然后,对按照接收口径权重提取的回波信号组,给予所设定的接收延迟权重的同时进行加法运算处理,形成第二接收波束 BR2 以及第一接收波束 CR1,并保存到存储器 161 中。

[0132] 另外,对于并未与其他发送兼用的光栅 B 的第三发送,为了形成光栅 B 上的第三接收波束 BR3,接收波束形成器 156 设定使信道 200(2) ~ 200(m+1) 成为加法运算信道的接收口径权重 442-3。

[0133] 此外,接收波束形成器 156 设定对通过按照接收口径权重 442-3 选择的加法运算信道而得到的回波信号组给予的接收延迟权重。然后,对按照接收口径权重提取的回波信号组,给予所设定的接收延迟权重的同时进行加法运算处理,形成第三接收波束 BR3,并保存到存储器 161 中。

[0134] 下一个光栅 C 的第二发送也兼用于与光栅 C 相邻的光栅 D 的第二发送。因此,本实施方式的接收波束形成器 156 对接收口径权重进行设定,使得根据通过该发送而得到的回波信号,在光栅 C 上以及光栅 D 上,分别形成第二接收波束 CR2 以及第一接收波束 DR1。

[0135] 即,为了形成光栅 C 上的第二接收波束 CR2,接收波束形成器 156 设定使信道 200(3) ~ 200(m+2) 成为加法运算信道的接收口径权重 443-2。此外,为了形成光栅 D 上的第一接收波束 DR1,设定使信道 200(4) ~ 200(m+3) 成为加法运算信道的接收口径权重 444-1。此时,收发口径 413 设定为包含两者在内的信道 200(3) ~ 200(m+3)。

[0136] 此外,接收波束形成器 156 设定对通过按照各个接收口径权重选择的加法运算信道而得到的回波信号组给予的接收延迟权重。然后,对按照接收口径权重提取的回波信号组,给予所设定的接收延迟权重的同时进行加法运算处理,形成第二接收波束 CR2 以及第一接收波束 DR1,并保存到存储器 161 中。

[0137] 另外,对于并未与其他发送兼用的光栅 C 的第三发送,为了形成光栅 C 上的第三接收波束 CR3,接收波束形成器 156 设定使信道 200(3) ~ 200(m+2) 成为加法运算信道的接收口径权重 443-3。

[0138] 此外,接收波束形成器 156 设定对通过按照接收口径权重 443-3 选择的加法运算信道而得到的回波信号组给予的接收延迟权重。然后,对按照接收口径权重提取的回波信号组,给予所设定的接收延迟权重的同时进行加法运算处理,形成第三接收波束 CR3,并保存到存储器 161 中。

[0139] 另外,在本实施方式中,对于与相邻的光栅的发送兼用的发送,在相邻的 2 个光栅上形成接收波束。因此,在接收时,在两光栅的全部发送信道范围内分别设定接收口径权重。例如图 8 的最上段的接收口径权重 441-2 以及 442-2。

[0140] 为了能够将其实现,在本实施方式中,在各收发时,收发口径设定为,不仅包含 1 个光栅用的第三发送时的全部发送信道范围,还包含相邻的光栅用的第三发送时的全部发送信道范围。例如,设为图 8 的光栅 A 的第二发送时的收发口径 411、光栅 B 的第二、第三发送时的收发口径 412、光栅 C 的第二、第三发送时的收发口径 413 等。另外,如上所述,设定

由 MUX153 进行。

[0141] 这样,本实施方式的第 k 个光栅 K 的第二发送也兼用于与光栅 K 的相邻的第 $(k+1)$ 个光栅 L 的第二发送。因此,本实施方式的接收波束形成器 156 对接收口径权重进行设定,使得根据通过该发送而得到的回波信号,在光栅 K 上以及光栅 L 上,分别形成接收波束 $KR2$ 、 $LR1$ 。

[0142] 即,为了形成光栅 K 上的第二接收波束 $KR2$,接收波束形成器 156 设定使信道 $200(k) \sim 200(m+k-1)$ 成为加法运算信道的接收口径权重。此外,为了形成光栅 L 上的第一接收波束 $LR1$,设定使信道 $200(k+1) \sim 200(m+k)$ 成为加法运算信道的接收口径权重。此时,收发口径设定为包含两者在内的信道 $200(k) \sim 200(m+k)$ 。

[0143] 此外,接收波束形成器 156 分别设定对通过按照接收口径权重选择的加法运算信道而得到的回波信号组给予的接收延迟权重。然后,给予所设定的接收延迟,对加法运算信道的回波信号组进行加法运算,形成第二接收波束 $KR2$ 以及第一接收波束 $LR1$,并保存到存储器 161 中。

[0144] 另外,对于并未与其他发送兼用的光栅 K 的第三发送,为了形成光栅 K 上的第三接收波束 $KR3$,接收波束形成器 156 设定使信道 $200(k) \sim 200(m+k-1)$ 成为加法运算信道的接收口径权重。该收发时的收发口径设为信道 $200(k) \sim 200(m+k)$ 。

[0145] 此外,接收波束形成器 156 还相应地设定接收延迟权重。然后,对通过按照接收口径权重选择的加法运算信道而得到的回波信号组,给予接收延迟权重所规定的接收延迟的同时进行加法运算处理,形成第三接收波束 $KR3$,并保存到存储器 161 中。

[0146] 另外,信号处理部 162 的处理与现有同样。即,利用上述方法对根据通过 3 个不同的开口而得到的回波信号在各光栅上所形成的 3 个接收波束(第一接收波束、第二接收波束以及第三接收波束)进行线性加法运算,得到合成接收波束。

[0147] 另外,在上述实施方式中,将发送口径权重设为了矩形权重,但发送口径权重并不限于此。例如,为了降低发送波束的旁瓣,也可以针对所选择的信道设为由汉宁函数(hanning function)、汉明函数(hamming function)、或者带偏置的汉宁函数、带偏置的汉明函数等规定的汉宁权重、汉明权重等。

[0148] 此外,为了降低接收波束的旁瓣,上述的接收口径权重也可以针对所选择的加法运算信道设为汉宁函数、汉明函数、或者带偏置的汉宁函数、带偏置的汉明函数等。

[0149] 如上所述,本实施方式的超声波诊断装置 100 通过上述发送方式,除了针对最初的扫描线(光栅)的接收波束的取得时以外,能够通过 2 次收发来取得基于利用了发送开口的合成的振幅调制法的接收波束。因此,与通过 3 次收发而实现的现有的方法相比,收发次数减少,所以帧速率提高。

[0150] 另一方面,如图 7(a) 所示,在针对光栅 A 的发送中,在从奇数信道进行发送的第一发送时,将由奇数信道构成的信道 $200(1) \sim 200(m-1)$ 的范围设为有效发送口径 $411-1$,针对通过其中心的光栅 $A-1$ 设定发送口径权重 $421-1$ 以及发送延迟权重 $431-1$,并进行发送。此外,在从偶数信道进行发送的第二发送时,将由偶数信道构成的信道 $200(2) \sim 200(m)$ 的范围设为有效发送口径 $411-2$,针对通过其中心的光栅 $A-2$ 设定发送口径权重 $421-2$ 以及发送延迟权重 $431-2$,并进行发送。

[0151] 在从全部信道进行发送的第三发送时,分别对将发送口径权重 $421-1$ 以及发送口

径权重 421-2 合成而得到的发送口径权重 421-3、和将发送延迟权重 431-1 以及发送延迟权重 431-2 合成而得到的发送延迟权重 431-3 进行设定,并进行发送。

[0152] 此时,如图 7(a) 的最下段所示,越靠近由全部信道构成的第三发送时的有效发送口径(信道 200(1)~200(m)的范围)411-3 的端部,相邻的信道间的发送延迟段差变得越大。下面对为了调查该发送延迟段差所引起的发送波束的劣化的影响而进行的模拟结果进行说明。

[0153] 作为模拟条件,发送脉冲的中心频率设为了 6MHz,信道的间隔设为了 0.2mm,信道数设为了 64 信道,聚焦距离设为了 30mm,全部信道发送时的发送口径权重设为了矩形权重。此外,关于声音媒质的特性,将声速设为了 1530m/s,将密度设为了 1000kg/m^3 ,将吸收系数设为了 0.5dB/cm/MHz,将非线性参数 B/A 设为了 7。在这些条件下,分别针对现有的基于发送开口合成的振幅调制法以及基于本实施方式的超声波诊断装置 100 的振幅调制法,得到了在聚焦距离下的发送脉冲与谐波分量(合成接收波束)的波束分布。它们通过对与二维声场相关的 KZK 方程式进行求解,并进行非线性声音传播解析而得到。

[0154] 图 9 示出了基于使用图 3~图 5 进行了说明的现有的基于发送开口的合成的振幅调制法的、聚焦距离下的发送脉冲与所产生的各谐波分量的波束分布(711、712、713、714)的模拟结果。在此,纵轴为声压级(dB re $1\mu\text{Pa}$),横轴为方位方向距离(mm)。另外,所谓方位方向距离是指,作为对象的收发口径 310 的中心位置处的切线方向的距离。

[0155] 对于现有的基于发送开口合成的振幅调制法,按照使基于奇数信道的第一发送、基于偶数信道的第二发送、基于全部信道的第三发送的各发送中的光栅方向一致、且聚焦于一点的方式进行发送。因此,如本图所示,基于奇数信道的第一发送的波束分布 711 和基于偶数信道的第二发送的波束分布 712 大致一致,得到旁瓣降低了的尖锐的谐波分量的波束分布 714。

[0156] 图 10 示出了基于本实施方式的超声波诊断装置 100 所进行的基于发送开口的合成的振幅调制法的、聚焦距离下的发送脉冲与所产生的谐波分量(合成接收波束)的波束分布(721、722、723、724)的模拟结果。在此,纵轴为声压级(dB re $1\mu\text{Pa}$),横轴为方位方向距离(mm)。

[0157] 对于本实施方式的基于发送开口合成的振幅调制法,基于奇数信道的第一发送、基于偶数信道的第二发送的光栅分别位于基于全部信道的第三发送的光栅的两侧。因此,如本图所示,基于奇数信道的第一发送的波束分布 721 和基于偶数信道的第二发送的波束分布 722 虽然其形状相同,但是成为在方位方向上稍微错开的分布。

[0158] 在此,若对图 9 以及图 10 各自的基于全部信道的第三发送的波束分布 713、723 进行比较,则波束分布形状大致相同。图 10 中的谐波分量的波束分布 724 虽然峰值声压级稍微有所下降,但是与图 9 的谐波分量的波束分布 714 也大致一致。

[0159] 另外,在图 9、图 10 的解析中,如上所述将全部信道发送时的发送口径权重设为了矩形权重,但也可以设为汉宁权重等。

[0160] 如以上说明的那样,根据本实施方式,能够将用于规定的光栅的收发数据的一部分作为用于与该光栅相邻的光栅的收发数据的一部分。

[0161] 例如,在通过 3 次的收发来进行振幅调制法的情况下,发送波束形成器 151 分别设定发送口径权重,使得发送用于扫描线 A 的第一发送脉冲的第一发送时将信道 200 的奇数

信道选择为发送信道,发送第二发送脉冲的第二发送时将信道 200 的偶数信道选择为发送信道。

[0162] 此外,发送第三发送脉冲的第三发送时设定对在第一发送时设定的发送口径权重与在第二发送时设定的发送口径权重进行合成而得到的发送口径权重。关于发送延迟权重也同样地,在第三发送时设定对在第一发送时设定的发送延迟权重与在第二发送时设定的发送延迟权重进行合成而得到的发送延迟权重。

[0163] 此时,第二发送时的发送口径权重与发送延迟权重设定成该第二发送也兼作相邻的扫描线的第一发送。

[0164] 而且,对于接收波束形成器 156 而言,关于对应于该第二发送而接收的回波信号组,能够按照每条扫描线来选择为了生成接收波束而进行加法运算的回波信号组。即,设定各扫描线用的接收口径权重,在各扫描线上生成接收波束。通过按照每条扫描线设定不同的接收口径权重,从而根据 1 个回波信号生成每条扫描线的接收波束。

[0165] 此外,对于 MUX153 而言,在各光栅用的 3 次的发送时,将包含该光栅用的第三发送时的全部发送信道范围、和兼用该光栅用的第二发送的相邻的光栅用的第三发送时的全部发送信道范围在内的信道范围设定为收发口径。

[0166] 因此,根据本实施方式,在相邻的扫描线的数据取得时,无需重新发送第一发送脉冲,相邻的扫描线的数据取得时只要仅发送第二发送脉冲与第三发送脉冲即可。

[0167] 结果,在根据收发数据来生成合成接收波束时,仅最初的扫描线的数据取得时需要 3 次的收发,其他的扫描线的数据取得时可以是 2 次的收发。

[0168] 即,根据本实施方式,在需要多次的收发的振幅调制法中,由于能够共用为了得到不同的扫描线的接收信号而需要的一部分的收发,因而收发次数减少,帧速率提高。因此,能够实现无运动图像的迟缓、且不会受到身体运动的影响的流畅的摄像。

[0169] 此外,根据本实施方式,能够以较少的发送次数实现基于发送开口的振幅调制。因此,对于应合成的超声波脉冲的波形,并非进行电子控制,而是形成为发送声场,因而能够发送具有高精度的波形的合成超声波脉冲。因此,在由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统中存在电压依赖的失真、非线性特性的情况下,也能够实现高精度的基波分量的去除。由此,在 THI 中能得到对比分辨率、空间分辨率高的图像,在 CHI 中能得到 CTR 高的造影图像。

[0170] 《第二实施方式》

[0171] 接着,对于应用本发明的第二实施方式进行说明。在第一实施方式中,单独使用各信道,并进行了奇数信道与偶数信道的发送开口的合成,但在本实施方式中,用相邻的多个信道来形成信道块,以信道块为单位来进行发送开口的合成。即,进行偶数信道块与奇数信道块的发送开口的合成。

[0172] 以下,在本实施方式中,举例说明由相邻的 2 个信道形成信道块 210 的情况。

[0173] 本实施方式的超声波诊断装置具有基本上与第一实施方式的超声波诊断装置 100 同样的构成。但是,如上所述,在本实施方式中,由于对发送开口进行合成的单位不同,因此,在各发送中,发送波束形成器 151 所进行的发送开口权重以及发送延迟权重的设定、接收波束形成器 156 所进行的接收开口权重以及接收延迟权重的设定、MUX153 所进行的收发口径的设定、以及接收波束形成器 156 的接收平行波束的生成方法与第一实施方式不同。以

下,关于本实施方式,着眼于与第一实施方式不同的构成来进行说明。

[0174] 首先,说明本实施方式的发送波束形成器 151 在为了得到 1 个光栅的接收波束的各发送时设定的发送口径权重、发送延迟权重。如上所述,在本实施方式中,以信道块为单位进行发送开口的合成。因此,发送口径权重以及发送延迟权重也以信道块为单位进行设定。图 11 是用于说明在本实施方式的发送时设定的发送口径权重、发送延迟权重的说明图。在此,举例说明为了得到规定的光栅 K 用的接收波束的发送。

[0175] 在本实施方式中,发送波束形成器 151 也按照来自控制部 130 的指示,每次发送时设定发送口径权重以及发送延迟权重。控制部 130 将每次发送的发送口径权重以及发送延迟权重的设定预先保持几种,并根据用户的选择向发送波束形成器 151 发出指示。

[0176] 发送第一发送脉冲的第一发送时,设定发送口径权重 521-1,使得奇数信道块(奇数 bk)210 成为发送信道块,仅从这些发送信道块发送发送脉冲。此外,按照使发送信道块的两端的信道块 210 间成为有效发送口径 511-1,并针对其中心光栅 K-1 而形成的方式,对发送延迟权重 531-1 进行设定。

[0177] 此外,发送第二发送脉冲的第二发送时,设定发送口径权重 521-2,使得偶数信道块(偶数 bk)210 成为发送信道块,仅从这些发送信道块发送发送脉冲。按照使发送信道块的两端的信道块 210 间成为有效发送口径 511-2,并针对其中心光栅 K-2 而形成的方式,对发送延迟权重 531-2 进行设定。

[0178] 而且,发送第三发送脉冲的第三发送时,将在第一发送时设定的发送口径权重 521-1 与在第二发送时设定的发送口径权重 521-2 进行合成的结果设定为发送口径权重 521-3。关于发送延迟权重也同样地,将在第一发送时设定的发送延迟权重 531-1 与在第二发送时设定的发送延迟权重 531-2 进行合成的结果设定为发送延迟权重 531-3。因此,此时,发送延迟权重 531-3 针对将两有效发送口径 511-1 以及 511-2 合成而得到的有效发送口径 511-3 的中心光栅 K 而设定。

[0179] 然后,对各发送时的发送口径权重、发送延迟权重进行设定,使得将第二发送兼用作在相邻的光栅形成用的 3 次发送的第一发送。

[0180] 接着,对于本实施方式的接收波束形成器 156 所进行的接收口径权重以及接收延迟权重的设定进行说明。图 12 是用于说明在本实施方式的接收时设定的接收口径权重、接收延迟权重的说明图。在此,假设按以信道块 210 为 1 个单位的间隔,按照光栅 A、光栅 B、光栅 C、光栅 D 的顺序依次生成合成接收波束。

[0181] 本实施方式的接收波束形成器 156 与第一实施方式同样,对接收口径权重进行设定,使得根据通过各光栅的第二发送而接收到的回波信号,在该光栅上和相邻的光栅上分别形成接收波束。此外,将在加法运算时对各回波信号给予的延迟设定为接收延迟权重。然后,对通过按照所设定的接收口径权重选择的加法运算信道块而得到的回波信号组,给予接收延迟权重所规定的规定的延迟的同时进行加法运算,在规定的的光栅上和相邻的光栅上生成规定的深度的接收波束。

[0182] 另外,第三发送时仅在该光栅上形成接收波束。

[0183] 例如,光栅 A 的第二发送也兼用于光栅 B 的第一发送。因此,在基于光栅 A 的第二发送的回波信号的接收时,接收波束形成器 156 设定接收口径权重 541-2 以及 542-1。接收波束形成器 156 相应地设定接收延迟权重,并根据按各接收口径权重 541-2 以及 542-1 确

定的加法运算信道块的回波信号,在光栅 A 以及光栅 B 上,分别形成第二接收波束 AR2 以及第一接收波束 BR1。

[0184] 光栅 B 用的第二发送也同样地兼作光栅 C 用的第一发送。因此,接收波束形成器 156 对用于在光栅 B 上形成第二接收波束的接收口径权重 542-2、和用于在光栅 C 上形成第一接收波束的接收口径权重 543-1 进行设定。此外,接收波束形成器 156 按照所设定的接收延迟权重,根据按两接收口径权重确定的加法运算信道块的回波信号组,形成各自的光栅上的第二接收波束 BR2 以及第一接收波束 CR1。

[0185] 对于光栅 B 用的第三发送,接收波束形成器 156 设定用于形成光栅 B 上的第三接收波束的接收口径权重 542-3,并根据所得到的回波信号组,形成光栅 B 上的第三接收波束 BR3。

[0186] 光栅 C 用的第二发送也同样地兼作光栅 D 用的第一发送。因此,接收波束形成器 156 对用于在光栅 C 上形成第二接收波束的接收口径权重 543-2、和用于在光栅 D 上形成第一接收波束的接收口径权重 544-1 进行设定。然后,根据按两接收口径权重确定的加法运算信道块的回波信号组,形成各自的光栅上的第二接收波束 CR2 以及第一接收波束 DR1。

[0187] 对于光栅 C 用的第三发送,接收波束形成器 156 设定用于形成光栅 C 上的第三接收波束的接收口径权重 543-3,并根据所得到的回波信号组,形成光栅 C 上的第三接收波束 CR3。

[0188] 为了如上所述在相邻的 2 个光栅上形成接收波束,在本实施方式中,也将包含两光栅用的全部发送信道块 210 的信道块 210 范围设定为收发口径 511、512、513。这些收发口径在本实施方式中也通过 MUX153 来控制。

[0189] 即,若假设在生成 1 个光栅的合成接收波束时,使用 m 个信道块 210,则在从端部起第 k 个光栅 K 用的收发时,使用 $210(k) \sim 210(m+k-1)$ 的信道块 210。此外,在与光栅 K 相邻的光栅的收发时,使用 $210(k+1) \sim 210(m+k)$ 的信道块 210。因此,光栅 K 的收发时, MUX153 将 $210(k) \sim 210(m+k)$ 设定为收发口径。

[0190] 本实施方式的信号处理部 162 与第一实施方式同样,通过上述方法对在各光栅上形成的 3 个接收波束进行线性加法运算,得到合成接收波束。

[0191] 另外,若这样构成,则所形成的光栅的间隔成为构成信道块 210 的信道数间隔。例如,在上述例中,为 2 信道间隔。因此,用于构成 1 帧的超声波发送数减少,帧速率进一步提高。但是,存在由于扫描线(光栅)密度减少,方位分辨率不充分的情况。

[0192] 为了使扫描线密度与第一实施方式相同,也可以构成为根据在多个光栅间兼用的 1 个回波信号,形成 2 个以上的接收波束。对这种情况下的接收波束形成器 156 所设定的接收口径权重以及接收延迟权重进行说明。图 13 是用于说明本变形例的接收口径权重以及接收延迟权重的图。在此,假设以信道块 1 个单位的间隔,按照光栅 A、光栅 B、光栅 C、光栅 D 的顺序依次生成合成接收波束。此外,举例说明根据通过各光栅的第二发送而接收到的回波信号,在 4 个不同的光栅上形成接收波束的情况。

[0193] 接收波束形成器 156 对 2 个接收口径权重进行设定,使得能够根据通过各光栅的第二发送而接收到的回波信号,与上述同样地,在 2 个相邻的光栅上形成接收波束。然后,对通过按 1 个接收口径权重确定的加法运算信道块而得到的回波信号组给予 2 个不同的接收延迟权重,在 2 个不同的光栅上分别形成接收波束。

[0194] 此外,各光栅的第三发送时,接收波束形成器 156 也对所接收到的回波信号给予同样的 2 个不同的接收延迟权重,与第二发送时同样在 2 个不同的光栅上分别形成接收波束。使用图 13 对以上的处理用具体例来进行说明。

[0195] 对于光栅 A 的第二发送,接收波束形成器 156 对所接收到的回波信号,设定接收口径权重 541-2 以及 542-1。它们分别是形成光栅 A 上、光栅 B 上的接收波束的接收口径权重。然后,对按照接收口径权重 541-2 确定的加法运算信道块的信号赋予 2 个不同的延迟时间权重使得在光栅 A1 以及光栅 A2 上形成接收波束,并在这些光栅上生成第二接收波束 A1R2、A2R2。此外,对按照接收口径权重 542-1 确定的加法运算信道块的信号赋予 2 个不同的延迟时间权重使得在光栅 B1 以及 B2 上形成接收波束,并在这些光栅上,生成第一接收波束 B1R1、B2R1。

[0196] 对于光栅 B 用的第三发送,接收波束形成器 156 设定用于形成光栅 B 上的接收波束的接收口径权重 542-3。然后,对按照接收口径权重 542-3 确定的加法运算信道块的信号赋予 2 个不同的延迟时间权重使得在光栅 B1 以及 B2 上形成接收波束,并在这些光栅上生成第三接收波束 B1R3、B2R3。

[0197] 另外,其他的发送时也同样。此外,关于由 MUX153 设定的收发口径也同样地,将在兼用发送的光栅间使用的全部信道块设定为范围。

[0198] 另外,在上述变形例中,构成为在兼用的发送时,接收波束形成器 156 在该光栅的两侧的 2 个光栅上形成接收波束,但所形成的接收波束的条数并不限于此。也可以构成为在分别夹着该光栅的多个光栅上,分别形成接收波束。此时,所述接收波束形成器 156 按照每条扫描线,设定对加法运算信道进行规定的接收口径权重,并且,按照每个所述接收口径权重,设定多个不同的接收延迟权重,针对所述 1 条扫描线,在夹着该扫描线的多个光栅上分别形成所述接收波束。

[0199] 另外,也可以构成为,接收波束形成器 156 在兼用的发送时设定 4 个接收口径权重,在未被兼用的第三发送时设定 2 个接收口径权重,分别形成 4 个以及 2 个接收波束。

[0200] 另外,在本实施方式及其变形例中,举例说明了用 2 个信道构成 1 个信道块的情况,但构成信道块的信道数并不限于此。也可以是 3 个以上。

[0201] 图 14 示出了基于本实施方式的变形例的基于发送开口合成的振幅调制法的、聚焦距离下的发送脉冲与所产生的谐波分量的波束分布 (731、732、733、734) 的模拟结果。在此,纵轴为声压级 (dB re 1 μ Pa),横轴为方位方向距离 (mm)。

[0202] 如本图所示,奇数信道块 (奇数 bk) 的波束分布 731 和偶数信道块 (偶数 bk) 的波束分布 732 成为在方位方向上明显错开的分布。若与图 9 以及图 10 的结果相比,则图 14 的发送声场的波束分布 731、732、733 的旁瓣增加,作为结果,谐波分量的旁瓣电平也增加。此外,主瓣的方位方向的分辨率也发生劣化,谐波分量的峰值声压的下降也变得显著。

[0203] 根据这些结果可知,在形成了 1 块 3 信道以上的信道块的情况下,旁瓣的增加与主瓣的劣化变得显著。因此,较为理想的是,1 信道块最大由 2 信道以下形成。

[0204] 另外,在本解析中,如上所述将全部信道发送时的发送口径权重设为了矩形权重,但也可以设为汉宁权重等。汉宁权重对旁瓣的降低有用,尤其是在如本变形例那样形成信道块的情况下很有效。

[0205] 如上所述,在本实施方式的情况下,将多个信道作为 1 块来处理。因此,光栅的间

隔成为 n 信道间隔（在上述例中为 2 信道间隔）。由于用于构成 1 帧的超声波发送数减少，因此帧速率进一步提高。

[0206] 另外，在本变形例中，例如第一接收波束 B1R1、B2R1 根据设定了一个光栅 B 用的接收口径权重的回波信号组而形成。即，对于如图 14 的谐波分量 734 所示的那样的在方位方向上具有单一的发送峰值的主波束，得到从该峰值位置在方位方向上稍微错开的位置的信息。由此，图像整体的均匀度有时下降。

[0207] 在本实施方式中，为了将其解决，如图 1(b) 所示，也可以构成为信号处理部 162 还具备进行所述接收波束的增益调整的增益调整部 166。增益调整部 166 对接收波束进行用于接收波束的增益调整的数字运算处理。通过增益调整部 166 所进行的增益调整，能够实现图像整体的均匀化。

[0208] 另外，为了降低接收波束的旁瓣，上述的接收口径权重也可以针对所选择的加法运算信道采用汉宁函数、汉明函数、或者带偏置的汉宁函数、带偏置的汉明函数等。

[0209] 如以上说明的那样，在本实施方式中，由相邻的多个（在上述例中为 2 个）信道形成信道块，并设为基于奇数信道块的第一发送、基于偶数信道块的第二发送。由此，光栅间隔变宽。结果，平均每 1 帧图像的收发次数减少，能够使帧速率提高。

[0210] 而且，在具备根据 1 个回波信号形成多条不同的扫描线上的接收波束的构成的情况下，能够缩减发送次数，并且维持扫描线密度。因此，虽然根据基于 3 次发送的接收回波而得到一个合成接收波束，但是除了最初的扫描线以外，实际上 2 次收发即可。因此，能够实现高速的谐波成像。

[0211] 《第三实施方式》

[0212] 对于应用本发明的第三实施方式进行说明。在第一以及第二实施方式中，都是通过 3 次的收发数据来得到一个接收信号。在本实施方式中，进一步对发送开口进行分割，使用 4 次以上的收发数据（接收回波）来生成一个接收信号。

[0213] 本实施方式的超声波诊断装置 100 的构成基本上与第一实施方式同样。但是，在本实施方式中，由于发送开口的分割数不同，因此发送波束形成器 151、接收波束形成器 156、信号处理部 162 的构成不同。以下，关于本实施方式，着眼于与第一实施方式不同的构成进行说明。此外，在此，举例说明使用 4 次的收发数据（接收回波）来生成 1 个接收信号的情况。

[0214] 在本实施方式中，在发送波束形成器 151 中，也设定各发送时的发送口径权重、发送延迟权重，并按照设定从超声波探头 110 的多个信道 200 发送发送波束。此外，在接收波束形成器 156 中，设定有效接收口径、接收口径权重、接收延迟权重，得到接收波束。而且，在信号处理部 162 中，根据各接收波束来生成合成接收波束。

[0215] 图 15 是用于说明本实施方式的收发方法的图。在此，作为一例，举例说明根据通过 3 次发送和对该 3 次份的发送的发送开口进行了合成的 1 次发送一共 4 次的发送而得到的接收波束来取得一个合成接收波束的情况。

[0216] 在本实施方式中，将规定的光栅 A 的第三发送时的发送口径权重以及发送延迟权重设定为分别与相邻的光栅 B 的第二发送时、以及与光栅 B 相邻的光栅 C 的第一发送时的发送口径权重以及发送延迟权重相等。在本实施方式中，设定也在发送波束形成器 151 中进行。

[0217] 此外,规定的光栅 A 的第四发送时的发送口径权重以及发送延迟权重设定为分别对第一至第三发送时的发送口径权重以及发送延迟权重进行合成而得到的结果。

[0218] 此外,接收口径权重以及接收延迟权重按如下方式进行设定。

[0219] 例如,对于通过光栅 A 的第三发送而得到的回波信号,设定用于在光栅 A 上形成接收波束 AR3 的接收口径权重 641-3、用于在光栅 B 上形成接收波束 BR2 的接收口径权重 642-2、以及用于在光栅 C 上形成接收波束 CR1 的接收口径权重 643-1。设定由接收波束形成器 156 进行。然后,通过接收波束形成器 156,分别形成接收波束 AR3、接收波束 BR2、接收波束 CR1,并将其保存到存储器 161 中。

[0220] 关于在光栅 B 的第三发送时所得到的回波信号也同样地,设定 3 个接收口径权重 642-3、643-2、644-1,分别形成接收波束 BR3、接收波束 CR2、接收波束 DR1,并将其保存到存储器 161 中。

[0221] 关于在光栅 C 的第三发送时所得到的回波信号也同样地,设定 3 个接收口径权重 643-3、644-2、645-1,分别形成接收波束 CR3、接收波束 DR2、接收波束 ER1,并将其保存到存储器 161 中。

[0222] 关于在光栅 D 的第三发送时所得到的回波信号也同样地,设定 3 个接收口径权重 644-3、645-2、646-1,分别形成接收波束 DR3、接收波束 ER2、接收波束 FR1,并保存到存储器 161 中。

[0223] 关于在光栅 E 的第三发送时所得到的回波信号也同样地,设定 3 个接收口径权重 645-3、646-2、647-1,分别形成接收波束 ER3、接收波束 FR2、接收波束 GR1,并保存到存储器 161 中。

[0224] 不与其他的光栅用的发送兼用的、例如光栅 C 的第四发送时,设定接收口径权重 643-4 使得在光栅 C 上形成接收波束,并形成接收波束 CR4。关于光栅 D、光栅 E 也同样地,设定接收口径权重 644-4、645-4,并分别形成接收波束 DR4、ER4。

[0225] 信号处理部 162 对供各光栅用而得到的接收波束进行合成,形成合成接收波束。在光栅 C 的情况下,例如,从接收波束 CR4 中,减去将接收波束 CR1、接收波束 CR2 以及接收波束 CR3 相加而得到的结果。

[0226] 此外, MUX153 在各发送时,将兼用该发送的全部光栅所需要的信道设定为收发口径。

[0227] 这样,根据本实施方式,例如,光栅 C 用的第一接收波束 CR1、第二接收波束 CR2 分别能够在光栅 A 用的第三发送时、光栅 B 用的第三发送时得到。因此,规定的光栅用的接收波束能够通过追加 2 次的收发来取得。

[0228] 这样,若使发送开口的分割数变多,则能够期待振幅调制法中的谐波成像的信号强度的提高。例如,在分割数为 3 的图 15 的示例中,若将全部信道发送时的声压设为 P,则基于第一~第三的部分开口的声压分别成为 $P/3$ 。因此,接收回波强度成为 $(R/3) + (R/3)^2$,若进行 3 次份的合成则成为 $R + (R^2/3)$ 。因此,能够提取的谐波分量成为 $(2R^2/3)$ 。即,能够得到比分割数为 2 的第一、第二实施方式所说明的 3 次发送时的 $(R^2/2)$ 大的谐波信号。

[0229] 用于取得 1 个合成接收波束的收发次数并不限于此。

[0230] 另外,在本实施方式中,也可以与第二实施方式同样地,由多个信道构成块,并以块为单位来决定发送开口的分割。

[0231] 如以上说明的那样,本实施方式的超声波诊断装置 100 是从具备多个信道 200 的超声波探头向被检体发送超声波脉冲,并根据所得到的回波信号得到超声波图像的超声波诊断装置,其特征在于,具备:发送波束形成器 151,其按照每次发送设定发送口径权重和发送延迟权重,其中所述发送口径权重对所述多个信道 200 中的发送所述超声波脉冲的多个信道 200 即发送信道进行规定,所述发送延迟权重对赋予给从该各发送信道发送的所述超声波脉冲的延迟时间分别进行规定;接收波束形成器 156,其按照每次发送,根据由所述多个信道接收到的所述回波信号来生成接收波束;和信号处理部 162,其对 n (n 是 3 以上的整数) 个所述接收波束进行合成来生成 1 条扫描线上的合成接收波束,并得到超声波图像,在超声波诊断装置中,生成所述 1 条扫描线的合成接收波束的 n 个所述接收波束根据通过 n 次不同的发送而得到的回波信号来分别生成,所述 n 次不同的发送中的至少 1 次是兼作针对与所述扫描线不同的扫描线的发送的兼用发送。

[0232] 此外,也可以构成为,所述发送波束形成器 156 对所述发送口径权重以及发送延迟权重进行设定,使得所述 n 次发送中的 1 次被合成发送的所述发送口径权重以及发送延迟权重与对其他的 $(n-1)$ 次的合成发送的所述发送口径权重以及发送延迟权重进行合成而得到的结果相等。

[0233] 此外,所述接收波束形成器 156 根据通过所述兼用发送而接收到的所述回波信号,在该两条扫描线上,分别形成所述接收波束。然后,所述接收波束形成器 156 按照每条扫描线,设定对加法运算信道进行规定的接收口径权重、以及对赋予给通过所述加法运算信道而得到的回波信号的延迟时间进行规定的接收延迟权重,并按照每条扫描线的所述接收口径权重以及接收延迟权重,来形成所述接收波束。此时,所述发送口径权重也可以设定为在所述 $(n-1)$ 次的合成发送时,分别排他地选择所述发送信道。

[0234] 此外,也可以构成为具备开关 (MUX) 153,所述开关 (MUX) 153 按照每次收发决定与所述发送波束形成器 151 以及所述接收波束形成器 156 进行连接的信道 200 即收发口径,所述开关 (MUX) 153 将针对所述合成发送由所述兼用发送兼用的 2 条扫描线的各自的所述被合成发送时所使用的全部发送信道决定为所述收发口径。

[0235] 这样,根据本实施方式,在需要多次收发的振幅调制法中,能够共用获得不同的扫描线的接收信号所需要的一部分的收发序列,因此能够使帧速率提高,能够实现无运动图像的迟缓、且不受身体运动的影响的流畅的摄像。

[0236] 此外,由于进行基于发送开口的振幅调制,因此即使在由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统中存在电压依赖的失真、非线性特性的情况下,也能够实现高精度的基波分量的去除。由此,在 THI 中能得到对比分辨率、空间分辨率高的图像,在 CHI 中能得到 CTR 高的造影图像。

[0237] 符号说明

[0238] 100:超声波诊断装置,110:探头,110:超声波探头,120:被控制部,130:控制部,140:UI,151:发送波束形成器,152:发送电路,153:MUX,154:T/R 开关,155:接收电路,156:接收波束形成器,161:存储器,162:信号处理部,163:检波部,164:DSC,165:显示部,166:增益调整部,200:信道,210:信道块,310:收发口径,311:收发口径,312:收发口径,321-1:第一发送时发送口径权重,321-2:第二发送时发送口径权重,321-3:第三发送时发送口径权重,322-1:第一发送时发送口径权重,322-2:第二发送时发送口径权重,322-3:

第三发送时发送口径权重,331:发送延迟权重,332:发送延迟权重,411:收发口径,411-1:第一发送时有效发送口径,411-2:第二发送时有效发送口径,411-3:第三发送时有效发送口径,412:收发口径,412-1:第一发送时有效发送口径,412-2:第二发送时有效发送口径,412-3:第三发送时有效发送口径,413:收发口径,421-1:第一发送时发送口径权重,421-2:第二发送时发送口径权重,421-3:第二发送时发送口径权重,422-1:第一发送时发送口径权重,422-2:第二发送时发送口径权重,422-3:第三发送时发送口径权重,431-1:第一发送时发送延迟权重,431-2:第二发送时发送延迟权重,431-3:第三发送时发送延迟权重,432-1:第一发送时发送延迟权重,432-2:第二发送时发送延迟权重,432-3:第三发送时发送延迟权重,441-2:第二收发时接收口径,442-1:第一收发时接收口径,442-3:第三收发时接收口径,442-2:第二收发时接收口径,443-1:第一收发时接收口径,443-2:第二收发时接收口径,444-1:第一收发时接收口径,511:收发口径,511-1:第一发送时有效发送口径,511-2:第二发送时有效发送口径,511-3:第三发送时有效发送口径,512:收发口径,513:收发口径,521-1:第一发送时发送口径权重,521-2:第二发送时发送口径权重,521-3:第三发送时发送口径权重,531-1:第一发送时发送延迟权重,531-2:第二发送时发送延迟权重,531-3:第三发送时发送延迟权重,541-2:第二收发时接收口径权重,542-1:第一收发时接收口径权重,542-3:第三收发时接收口径权重,542-2:第二收发时接收口径权重,543-1:第一收发时接收口径权重,543-3:第三收发时接收口径权重,543-2:第二收发时接收口径权重,544-1:第一收发时接收口径权重,641-3:第三收发时接收口径权重,642-2:第二收发时接收口径权重,643-1:第一收发时接收口径权重,642-3:第三收发时接收口径权重,643-2:第二收发时接收口径权重,644-1:第一收发时接收口径权重,643-3:第三收发时接收口径权重,643-4:第四收发时接收口径权重,644-2:第二收发时接收口径权重,645-1:第一收发时接收口径权重,644-3:第三收发时接收口径权重,645-2:第二收发时接收口径权重,646-1:第一收发时接收口径权重,645-3:第三收发时接收口径权重,646-2:第二收发时接收口径权重,647-1:第一收发时接收口径权重,644-4:第四收发时接收口径权重,645-4:第四收发时接收口径权重,711:第一发送脉冲波束分布,712:第二发送脉冲波束分布,713:第三发送脉冲波束分布,714:谐波分量波束分布,721:第一发送脉冲波束分布,722:第二发送脉冲波束分布,723:第三发送脉冲波束分布,724:谐波分量波束分布,731:第一发送脉冲波束分布,732:第二发送脉冲波束分布,733:第三发送脉冲波束分布,734:谐波分量波束分布。

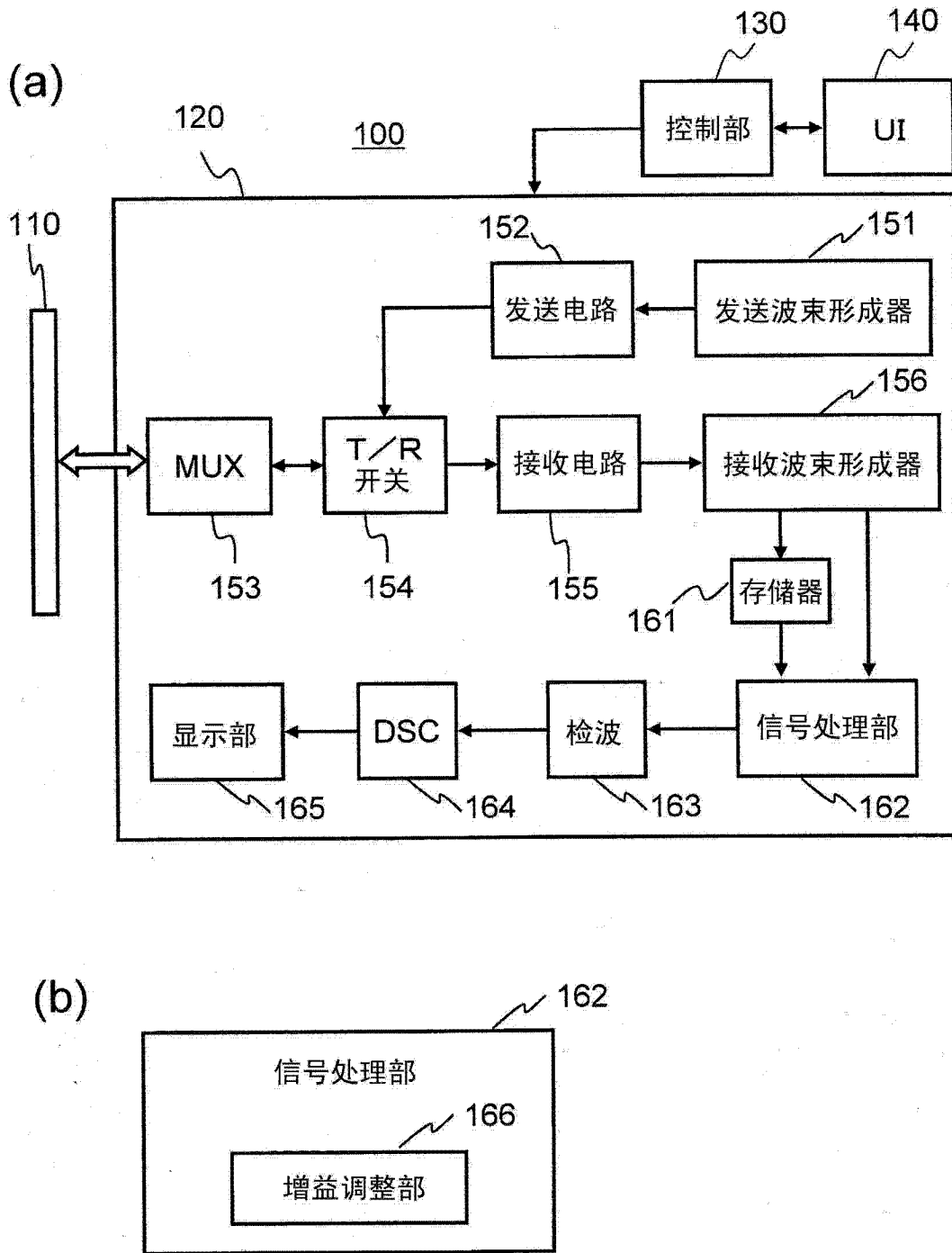


图 1

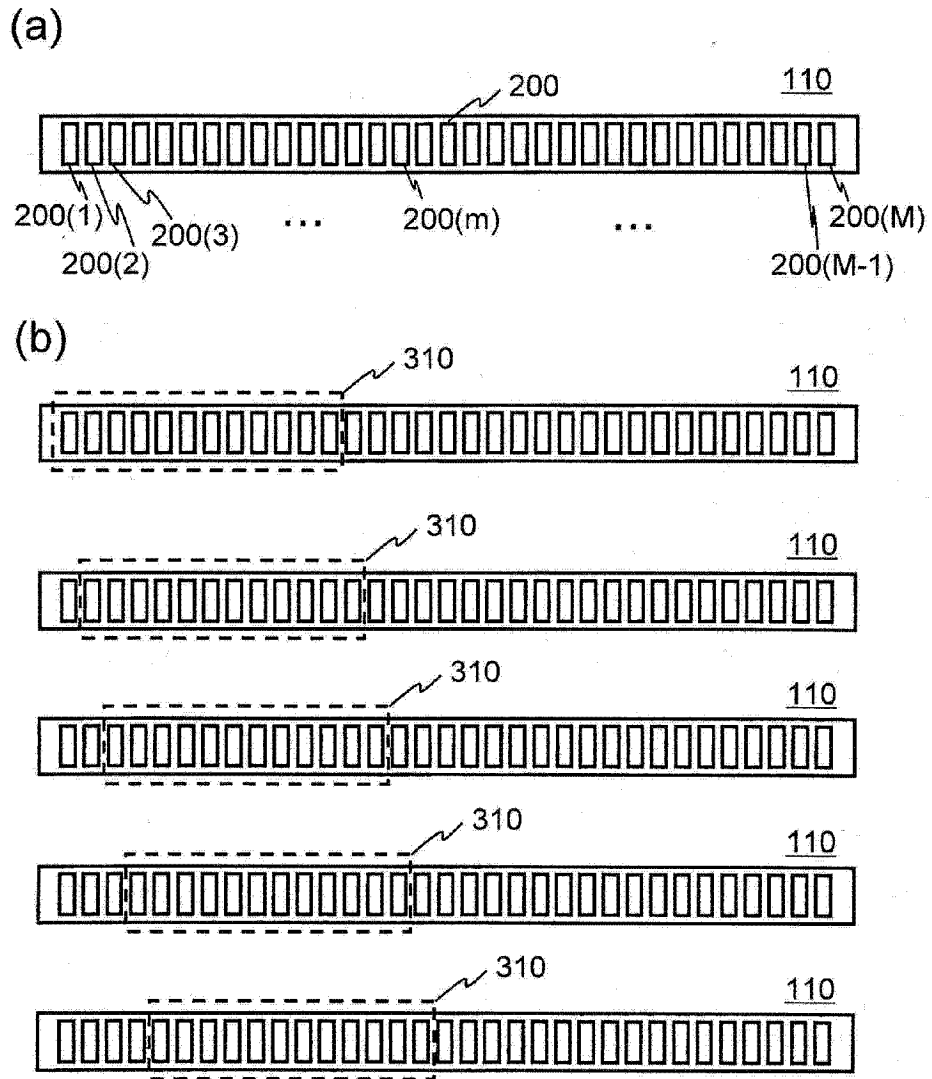


图 2

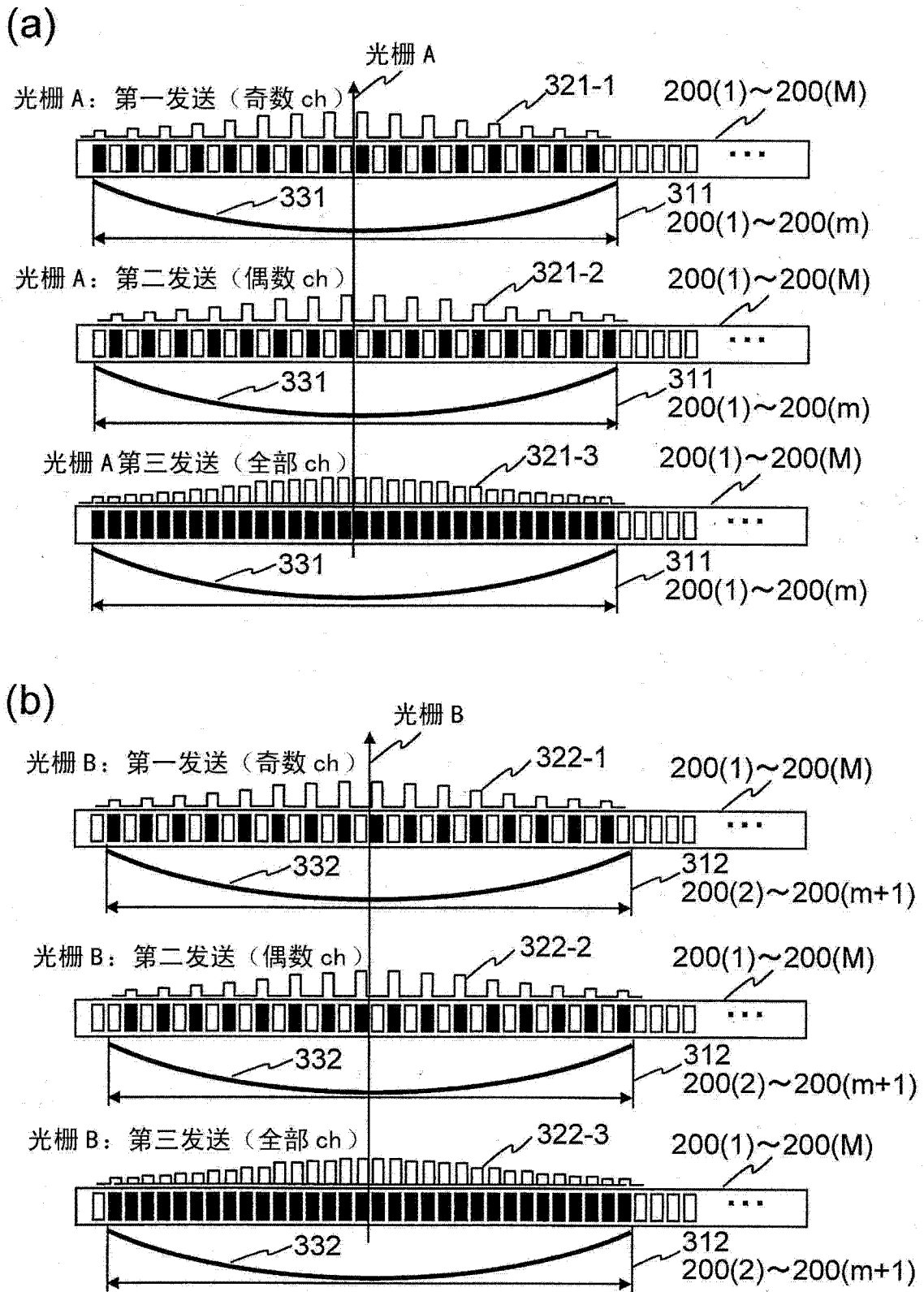


图 3

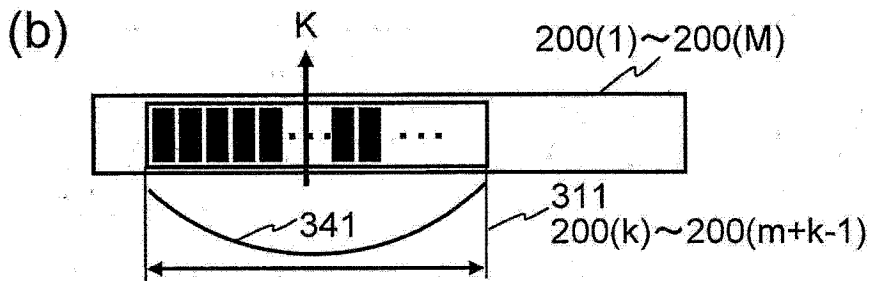
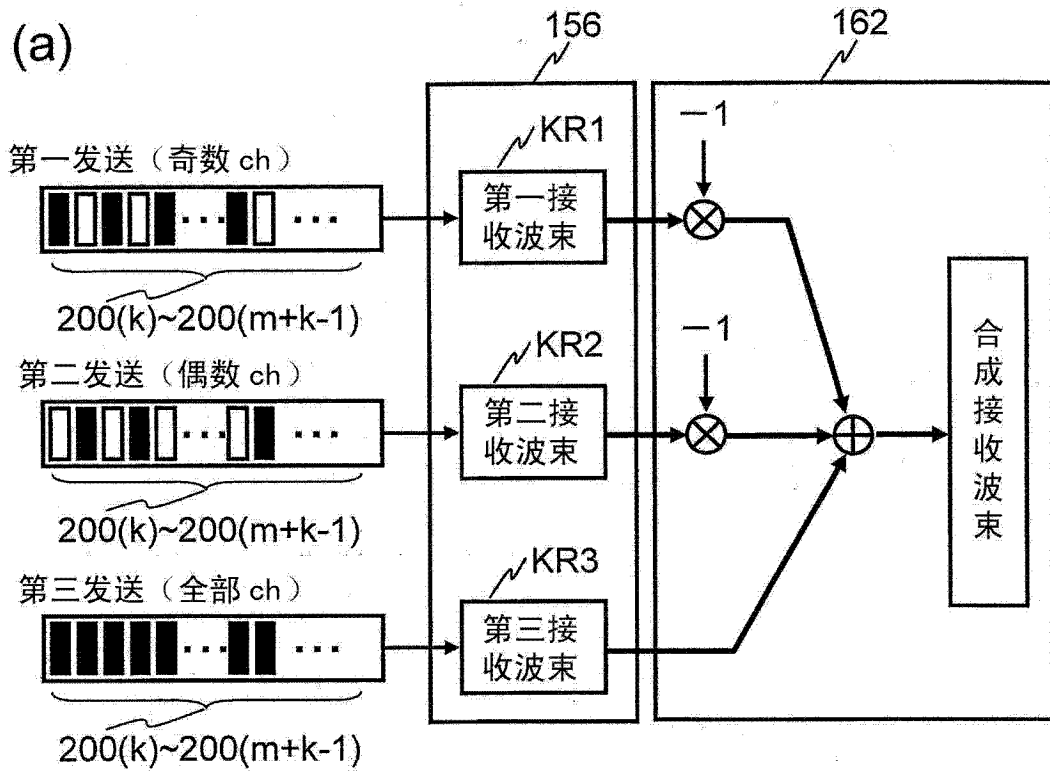


图 4

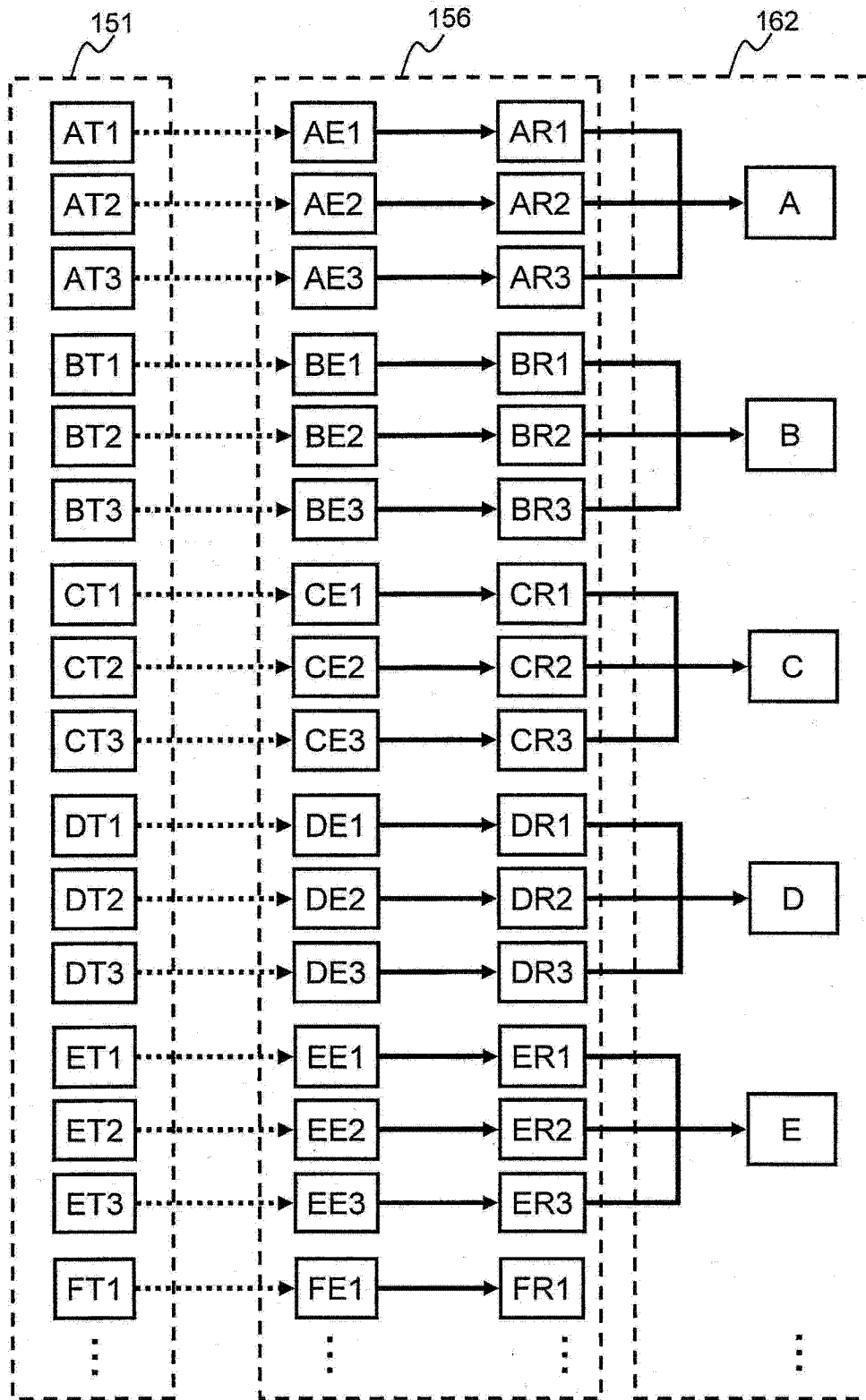


图 5

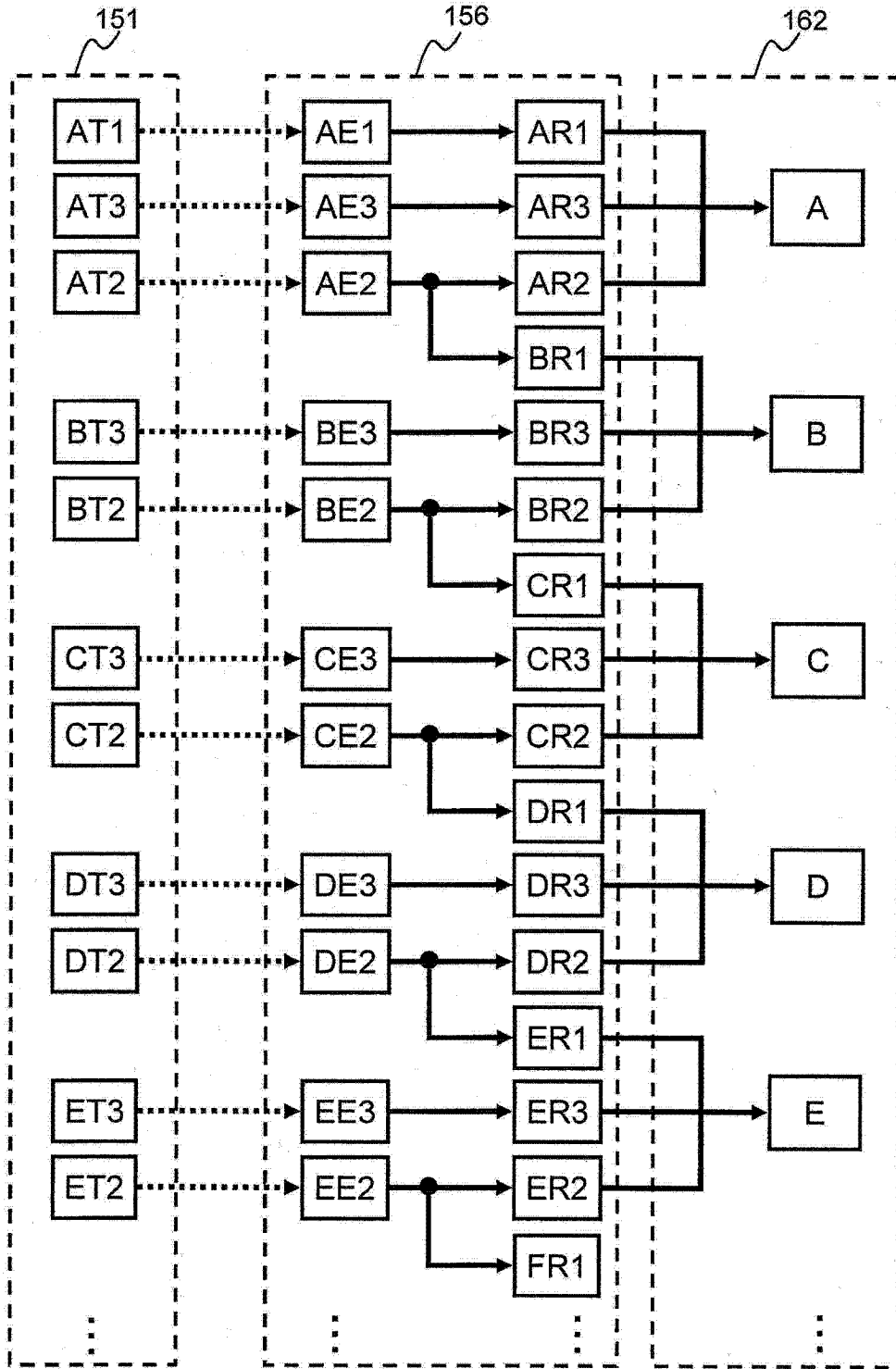


图 6

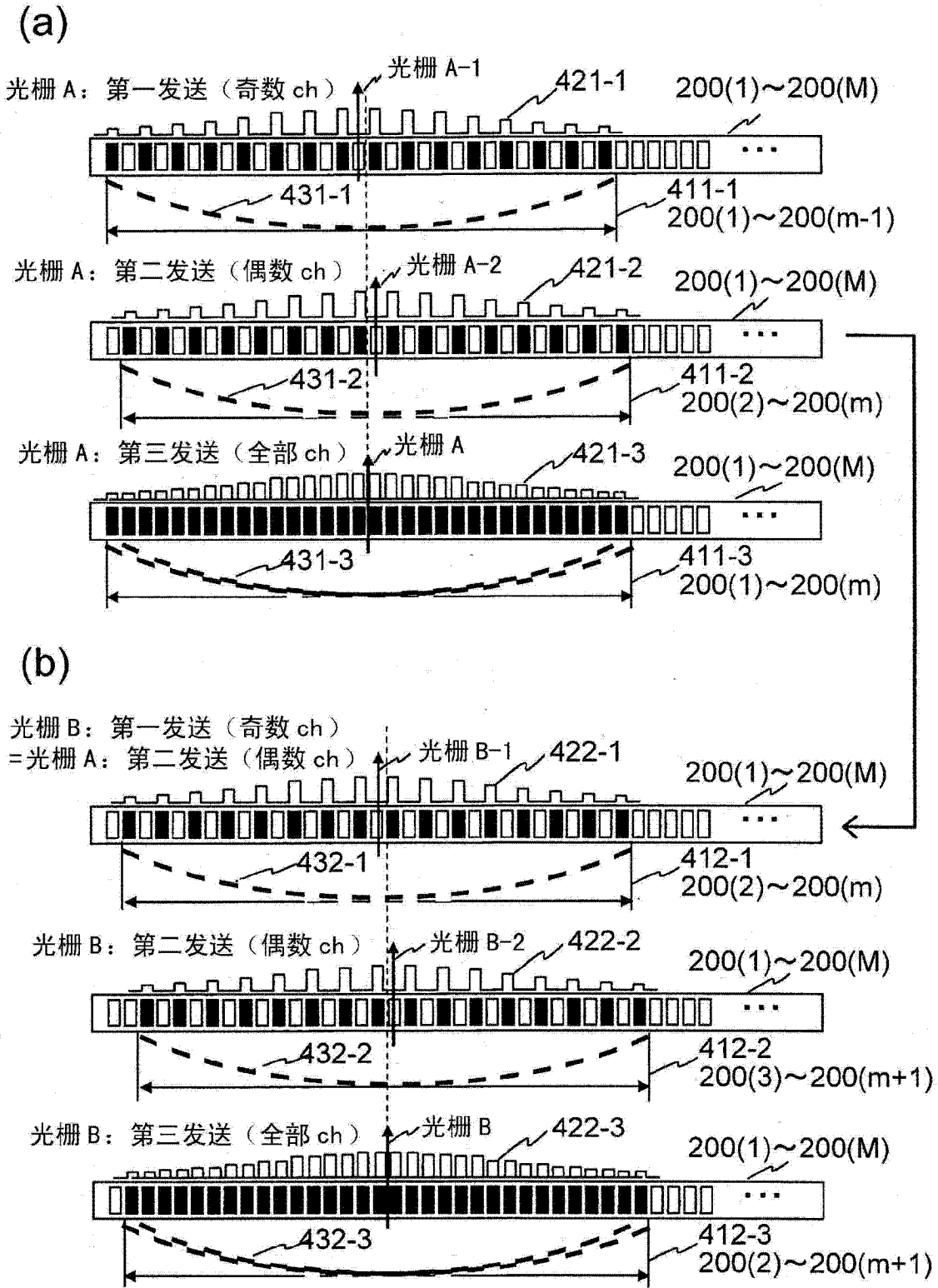


图 7

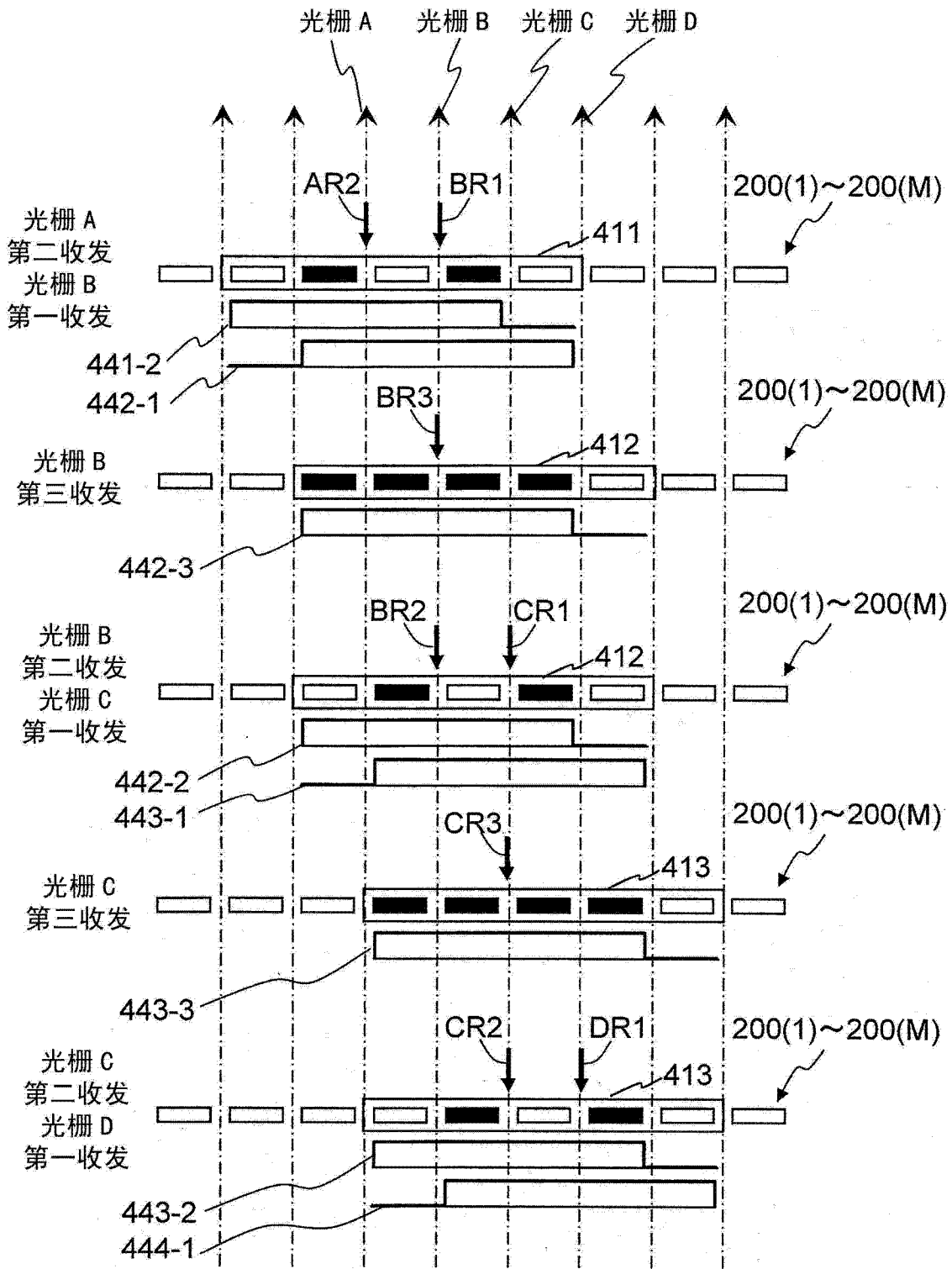


图 8

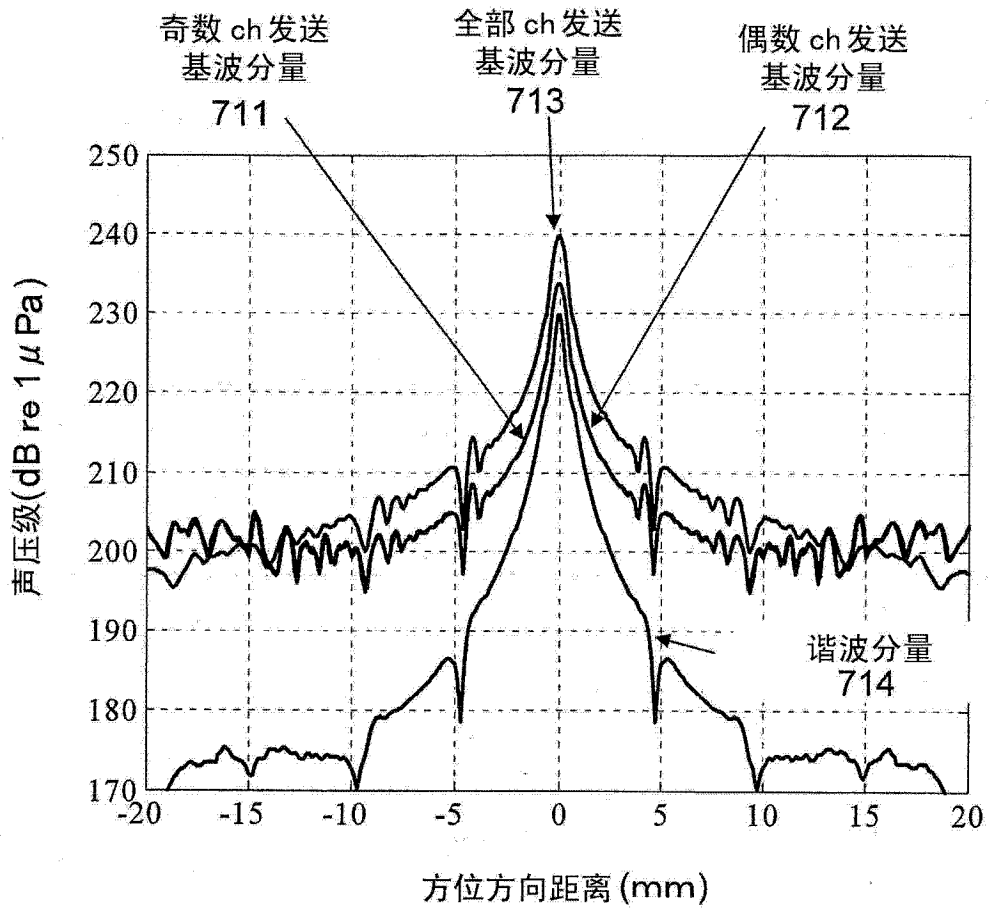


图 9

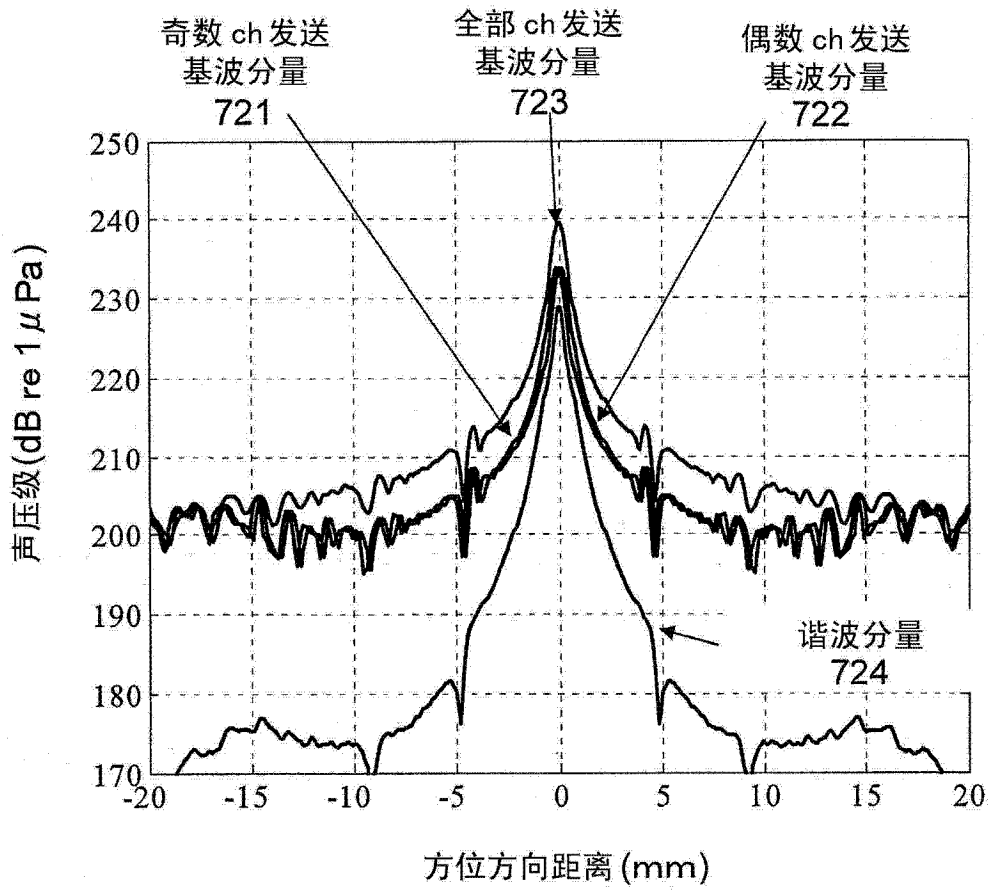


图 10

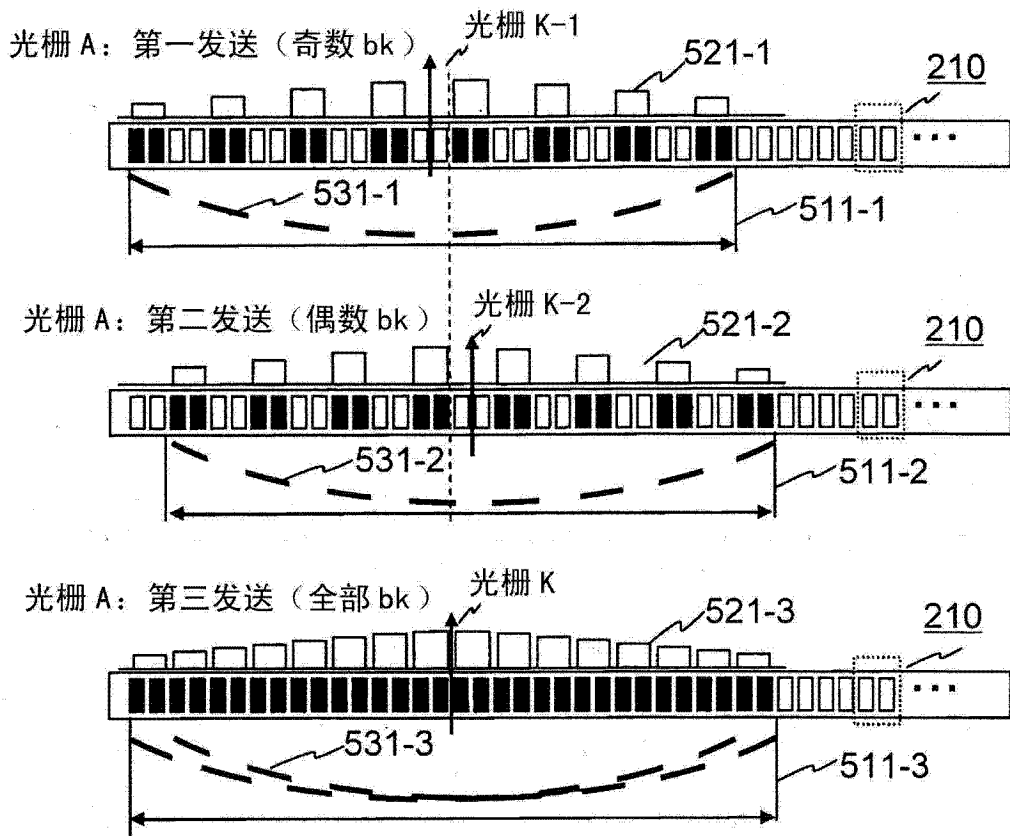


图 11

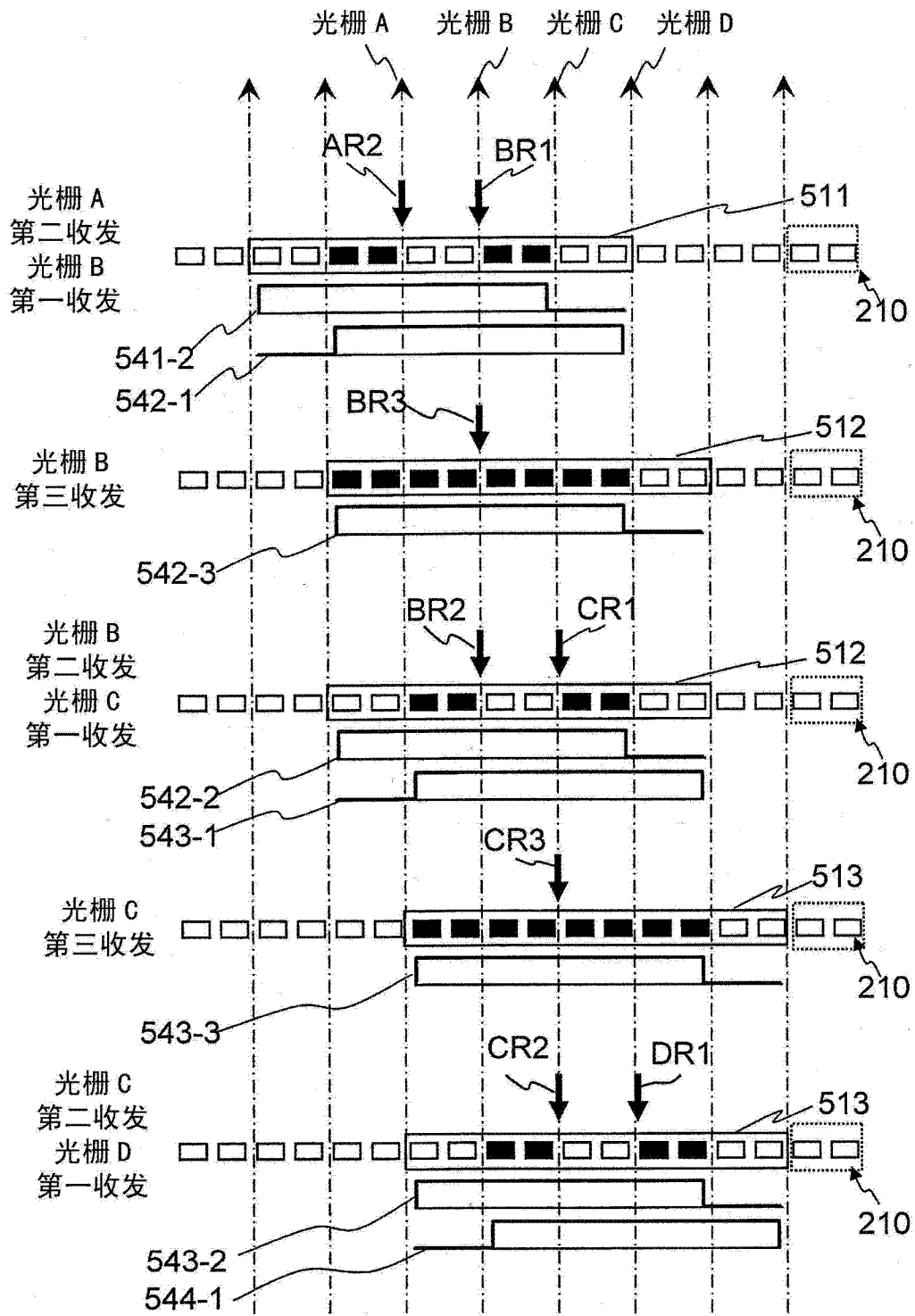


图 12

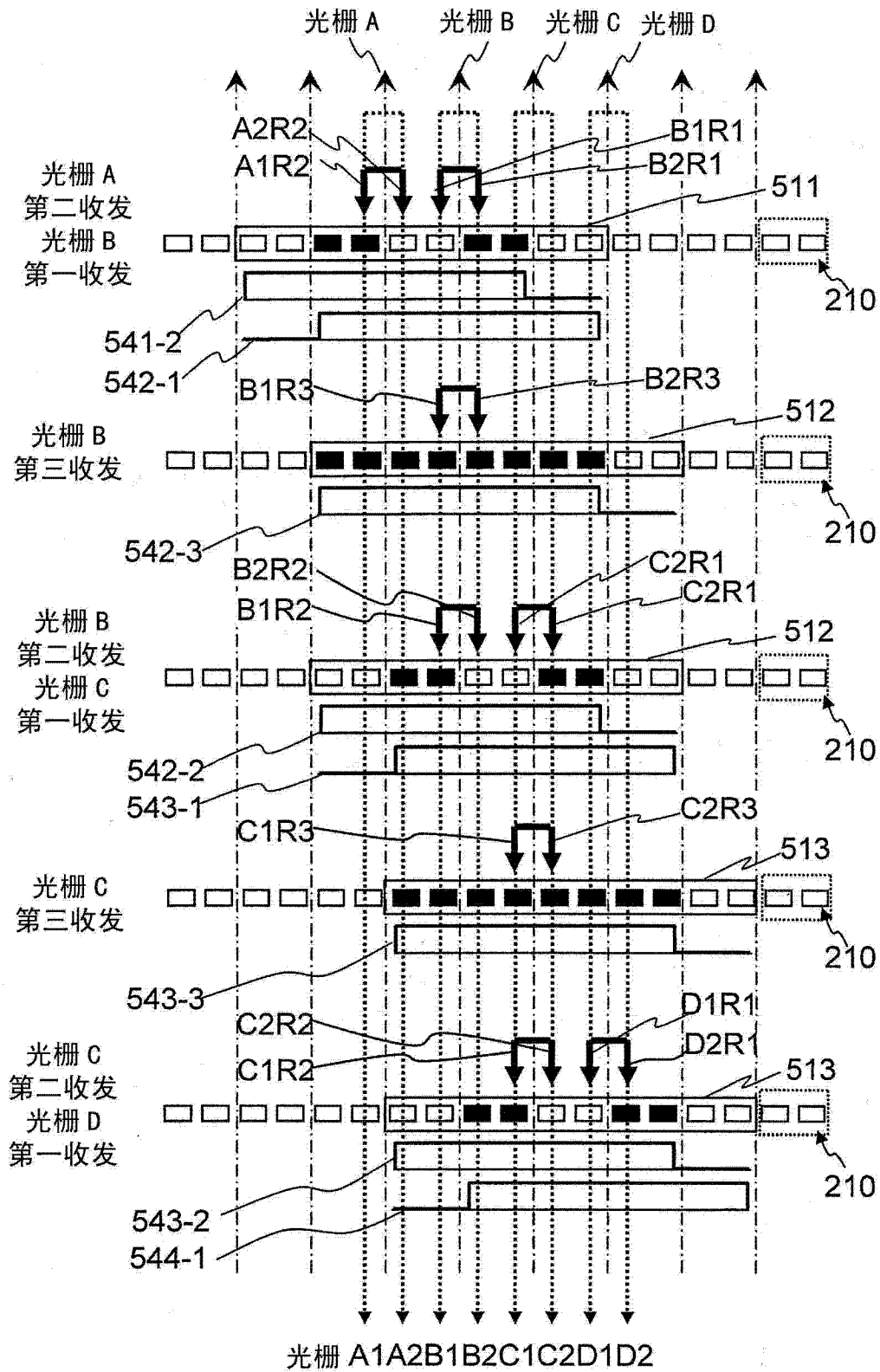


图 13

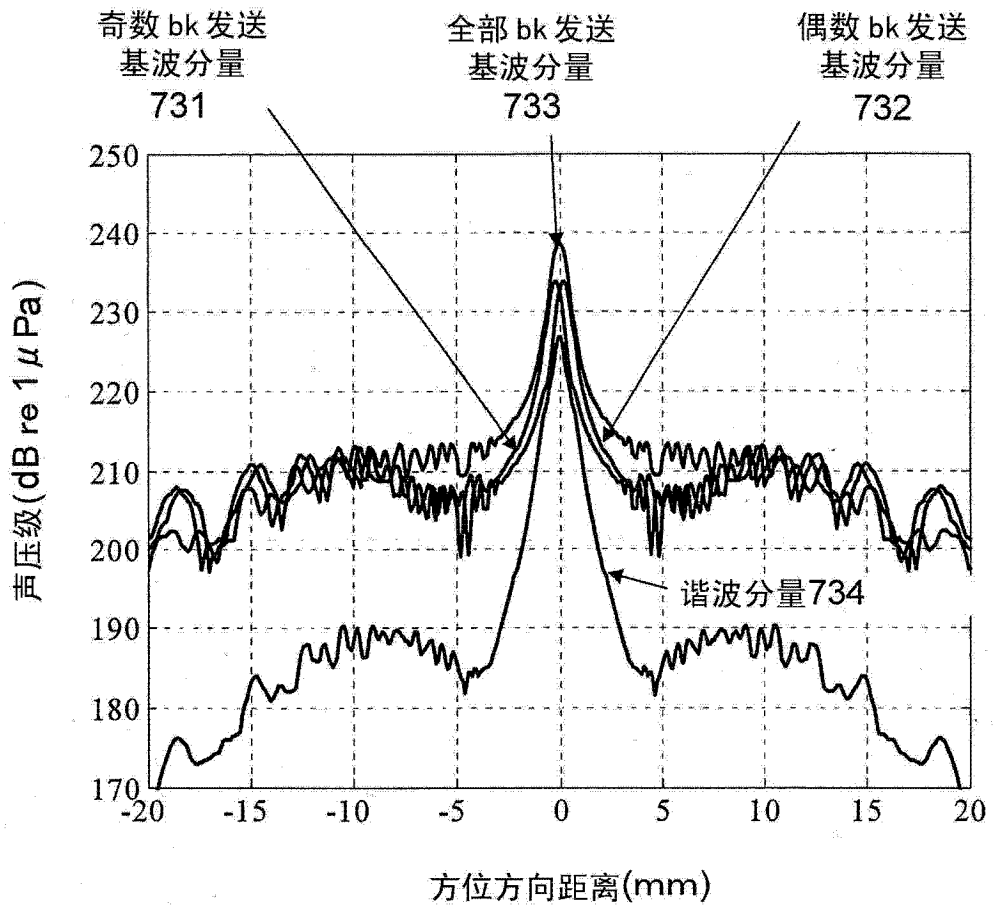


图 14

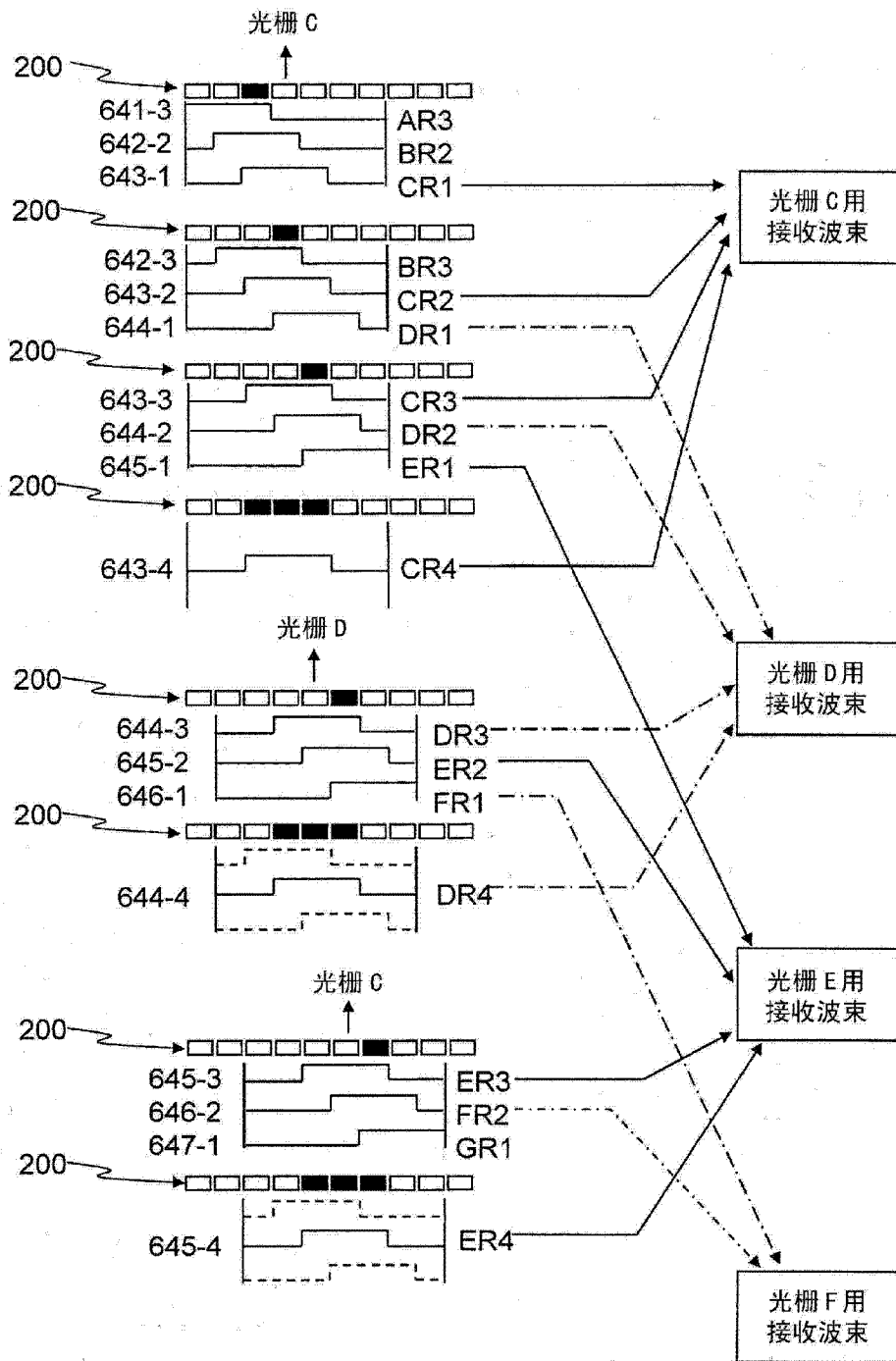


图 15

专利名称(译)	超声波诊断装置以及超声波图像取得方法		
公开(公告)号	CN104427943A	公开(公告)日	2015-03-18
申请号	CN201380035638.2	申请日	2013-06-24
[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	桥场邦夫 栗原浩 石原千鹤枝		
发明人	桥场邦夫 栗原浩 石原千鹤枝		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S15/8959 G01S15/8927 A61B8/56 G01S7/52038 A61B8/54 G01S7/5202 G01S15/8963 A61B8/4494 A61B8/145 A61B8/5207 G01S15/8918		
优先权	2012151189 2012-07-05 JP		
其他公开文献	CN104427943B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

提供一种在超声波诊断装置中实现谐波成像的技术，该技术不受由发送放大器、超声波探头等构成的超声波诊断装置的发送系统的电压依赖的失真、非线性特性的影响，发送电压的调整也容易，并且帧速率与现有的PI法实质上等同。在通过对发送声场进行合成，从而去除声波的基波分量，并将提取出的非线性分量的回波进行图像化的振幅调制法中，将用于得到1条扫描线的多次收发中的1次收发兼用作用于得到其他的扫描线的收发。根据通过兼用的收发而得到的回波信号，分别形成兼用的两条扫描线上的接收波束。

