



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106456114 A

(43)申请公布日 2017.02.22

(21)申请号 201580031258.0

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

(22)申请日 2015.06.08

代理人 孟杰雄 王英

(30)优先权数据

14172046.6 2014.06.12 EP

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.12.12

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2015/062709 2015.06.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/189149 EN 2015.12.17

(71)申请人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 A·C·范伦斯

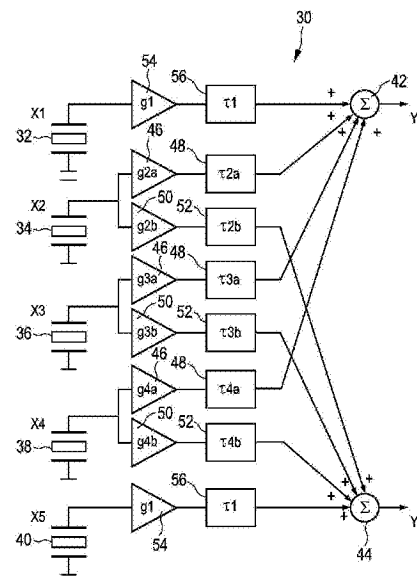
权利要求书2页 说明书11页 附图6页

(54)发明名称

超声换能器组件

(57)摘要

公开了一种超声换能器组件(30),所述超声换能器组件包括多个超声换能器元件(34、36、38),所述多个超声换能器元件用于接收超声波并且用于提供与分别接收到的超声波相对应的换能器信号(X2、X3、X4)。所述组件包括多个信号组合器(42、44;60、62、64)以及多个定时元件(48、52;68、70;72、74),所述多个信号组合器用于基于所述换能器信号来提供不同的输出信号(Y1、Y2),所述多个定时元件用于向所述换能器信号提供不同的时移(τ)。所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件被连接到所述信号组合器中的多个信号组合器,以将包括所述不同的时移的所述换能器信号提供到所述信号组合器中的不同的信号组合器。



1. 一种超声换能器组件(30),包括:

-多个超声换能器元件(34、36、38),其用于接收超声波并且用于提供与分别接收到的超声波相对应的换能器信号(X2、X3、X4),

-多个信号组合器(42、44;60、62、64),其用于基于所述换能器信号来提供不同的输出信号(Y1、Y2),以及

-多个定时元件(48、52;68、70;72、74),其用于向所述换能器信号提供不同的时移(τ),

其中,所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件被连接到所述信号组合器中的多个信号组合器,以将包括所述不同的时移的所述换能器信号提供到所述信号组合器中的不同的信号组合器,并且

其中,所述多个信号组合器被彼此连接,以将多个所述输出信号组合为所述换能器组件的总体输出信号。

2. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,其中,所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件被连接到所述定时元件中的多个定时元件,以用于对所述换能器信号中的每个换能器信号提供所述不同的时移。

3. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,其中,由所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件的所述换能器信号形成多个次级换能器信号,并且其中,所述次级换能器信号中的每个次级换能器信号被分别提供到所述信号组合器中的一个信号组合器。

4. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,其中,所述信号组合器中的每个信号组合器包括信号加法器。

5. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,其中,所述多个换能器元件的被提供到所述不同的信号组合器的所述换能器信号借助于不同的加权因子(G)被加权。

6. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,其中,放大器设备或衰减器设备(46、50、54;66)与所述换能器元件中的每个换能器元件相关联,以对所述换能器信号提供不同的增益因子(g)。

7. 根据权利要求6所述的超声换能器组件,其中,被提供到所述信号组合器中的一个信号组合器的所述换能器信号的所述增益因子具有不同的绝对值。

8. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,还包括第二多个换能器元件,其中,延迟元件与所述第二多个换能器元件中的每个相关联,以用于向所述第二多个换能器元件的各自的换能器信号提供固定的时间延迟(t_1)。

9. 根据权利要求8所述的超声换能器组件,其中,所述第二多个换能器元件中的每个被连接到所述信号组合器中的一个信号组合器。

10. 根据权利要求8所述的超声换能器组件,其中,多个第二换能器元件和被分别连接的延迟元件是虚拟元件。

11. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,其中,被提供到所述换能器信号的所述时移包括固定时间延迟和相对时移。

12. 根据权利要求11所述的超声换能器组件,其中,被提供到所述信号组合器的第一信号组合器的所述换能器信号的所述相对时移是正时移($+\Delta\tau$),并且被提供到所述信号组合器的第二信号组合器的所述换能器信号的所述相对时移是负时移($-\Delta\tau$)。

13. 根据权利要求11或12所述的超声换能器组件,其中,被提供到所述信号组合器中的

一个信号组合器的所述换能器信号的所述时移具有不同的绝对值。

14. 根据权利要求1所述的超声换能器组件,其中,所述多个超声换能器元件被彼此并行地连接到所述信号组合器。

15. 一种包括超声换能器阵列和根据权利要求1所述的超声换能器组件的超声成像系统(10),所述超声换能器阵列包括用于发射和接收超声波的多个超声换能器元件。

超声换能器组件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声换能器组件,具体涉及一种用于接收超声波的超声波束形成器。

[0002] 本发明还涉及一种超声成像系统,尤其是用于如心血管成像或经食管超声心动描记成像的体内超声成像的超声成像系统。

背景技术

[0003] 一般已知超声成像系统产生人体等的组织的内部部分的实时图像。这样的成像系统包括被耦合到使用发射与接收开关的超声换能器的单个阵列或者被单独耦合到发射换能器阵列和接收换能器阵列的多通道发射波束形成器和多通道接收波束形成器。发射波束形成器生成定时的电脉冲并且将其施加到个体换能器元件以向要被分析的感兴趣部分生成超声波束。声学能量的一部分从组织结构朝向换能器阵列被散射回来。可以与发射换能器相同的接收换能器的阵列将压力脉冲转换成对应的电脉冲。接收波束形成器通常具有带补偿延迟元件的多个处理通道,其中,选择针对每个通道的延迟值,以从选定的感兴趣区域或从选定的操纵方向收集超声波。

[0004] 例如根据US 5676147已知一种具有相控子阵列的对应的超声接收波束形成器。

[0005] 超声穿透深度以及由此的感兴趣区域与超声波的共振频率成反比,使得视场针对高超声频率而靠近换能器阵列。为了提供视场的高质量图像,这些高超声频率要求精细且精确的定时延迟。另外,寄生系统相关的时间延迟对这些频率的最终图像质量具有增大的影响。

[0006] US4790320公开了一种用于并行处理超声信息以在每次超声发射时同时地导出超声信息的多个向量的装置。所述装置在换能器阵列中针对每个换能器元件包括模拟-数字转换器以及与每个模拟-数字转换器相关联的延迟处理子系统。所有延迟处理子系统的每个第一增量延迟器件的输出被应用到第一求和网络,并且同时地,第二增量延迟器件中的每个的输出被应用到第二求和网络,所述第二求和网络产生时间同步回波信息的第二向量。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种经改进的超声换能器组件,所述经改进的超声换能器组件以低技术努力来提供较高的图像质量。

[0008] 本发明的另外的目的是提供对应的超声成像系统。

[0009] 在本发明的第一方面中,提出了一种超声换能器组件,包括:

[0010] -多个超声换能器元件,其用于接收超声波并且用于提供与分别接收到的超声波相对应的换能器信号,

[0011] -多个信号组合器,其用于基于所述换能器信号来提供不同的输出信号,以及

[0012] -多个定时元件,其用于向所述换能器信号提供不同的时移,

[0013] 其中,所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件被连接到所述信号组合器中的多个信号组合器,以将包括所述不同的时移的所述换能器信号分别提供到所述信号组合器中的不同的信号组合器。

[0014] 在本发明的另外的方面中,提出了一种超声成像系统,所述超声成像系统包括超声换能器阵列和这种超声换能器组件,所述超声换能器阵列包括用于发射和接收超声波的多个超声换能器元件。

[0015] 在从属权利要求中定义了本发明的优选实施例。

[0016] 本发明基于提供具有多个换能器元件的超声换能器组件的想法,其中,所述换能器元件的不同的换能器信号被不同时移,并且被提供到不同的信号组合器。当所述信号组合器的不同的输出信号被组合时,所述换能器信号的寄生延迟或定时误差能够得到补偿。因此,所述换能器信号的时间延迟导致所述换能器组件的微型波束形成的输出信号的小的幅度误差,但不导致操纵角度误差,使得能够以低技术努力来改善总体的波束形成器的图像质量。

[0017] 所述多个超声换能器元件(每个超声换能器元件都被连接到多个信号组合器)形成所述超声换能器组件的第一换能器元件的组。

[0018] 在优选实施例中,所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件被连接到所述定时元件中的多个定时元件,以用于对所述换能器信号中的每个换能器信号提供所述不同的时移。这是实现个体时移并向不同的信号组合器提供包括所述不同的时移的所述换能器信号的一种可能性。

[0019] 在优选实施例中,根据所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件的所述换能器信号来形成多个次级换能器信号,并且其中,分离的换能器信号中的每个换能器信号被分别提供到所述信号组合器中的一个信号组合器。所述次级换能器信号与所述换能器信号相同,并且优选地是通过对所述换能器信号进行分离或复制来形成的。由于所述换能器元件中的每个的所述换能器信号被提供到不同的信号组合器,并且由于所述换能器信号被不同时移,因此所述换能器信号中包括的定时误差和/或传播延迟能够有效地补偿彼此。

[0020] 在优选实施例中,所述信号组合器中的每个信号组合器包括加法器。这是以低技术努力来组合所述多个换能器信号的一种可能性。

[0021] 在优选实施例中,所述多个换能器元件的被提供到所述不同的信号组合器的所述换能器信号借助于不同的加权因子被加权。这是独立地调节在所述信号组合器处组合的所述输出信号的一种可能性,这是因为被不同时移的换能器信号能够被独立地加权。借助于不同的加权因子,能够实现对定时误差的精确补偿。

[0022] 在优选实施例中,放大器设备或衰减器设备与所述换能器元件中的每个换能器元件相关联,以对所述换能器信号提供不同的增益因子。应当理解,所述增益因子可以大于一或者小于一,使得所述换能器信号被衰减或者被放大。这是将所述换能器信号独立地设定为个体值以使得能够实现误差延迟的精确补偿和经改进的成像的另外的可能性。

[0023] 在优选实施例中,被提供到所述信号组合器中的一个信号组合器的所述换能器信号的所述增益因子具有不同的绝对值。这是将所述不同的信号组合器的所述输出信号独立地设定为所述换能器信号的最优组合的一种可能性。

[0024] 在优选实施例中,所述超声换能器组件还包括第二多个换能器元件,其中,延迟元

件与所述第二多个换能器元件中的每个相关联,以用于向所述第二多个换能器元件的各自的换能器信号提供固定的时间延迟。这是实现对个体换能器信号的正时移和负时移的一种可能性,这是因为对所有的换能器信号提供固定的时间延迟。

[0025] 在优选实施例中,所述第二多个换能器元件中的每个被连接到所述信号组合器中的一个信号组合器。所述第二多个换能器元件形成所述超声换能器组件的第二组换能器元件。这些换能器元件能够针对被连接到所述信号组合器中的两个信号组合器的所述第一换能器元件形成参考信号。

[0026] 在优选实施例中,多个第二换能器元件和被分别连接的延迟元件是虚拟元件。这是减少技术努力的一种可能性,这是因为这些参考元件(包括固定的时间延迟)能够被模拟。

[0027] 在优选实施例中,被提供到所述换能器信号的所述时移包括固定时间延迟和相对时移。这是将所述时移独立地设定为正值或负值的一种可能性。

[0028] 在优选实施例中,被提供到所述信号组合器的第一信号组合器的所述换能器信号的所述相对时移是正时移,并且被提供到所述信号组合器的第二信号组合器的所述换能器信号的所述相对时移是负时移。这是所述换能器信号的所述定时误差能够补偿彼此的一种可能性,这是因为被提供到所述信号组合器的所述相对时移是同一换能器信号的正时移和负时移。

[0029] 在优选实施例中,被提供到所述信号组合器中的一个信号组合器的所述换能器信号的所述时移具有不同的绝对值。这是实现对所述定时误差的精确补偿的另外的可能性。

[0030] 在更优选的实施例中,被提供到所述信号组合器中的一个信号组合器的所述换能器信号的所述时移是第一时移的倍数。

[0031] 在更优选的实施例中,被提供到所述信号组合器中的不同的信号组合器的所述换能器信号的所述时移具有不同的极性。

[0032] 所述多个信号组合器被彼此连接,以将多个所述输出信号组合为所述换能器组件的总体输出信号。这是实现所述超声换能器组件的单个经误差补偿的输出信号的一种可能性。

[0033] 在更优选的实施例中,所述多个超声换能器元件被彼此并行地连接到所述信号组合器。这是将所述换能器信号组合为不同的输出信号以使得能够实现定时误差补偿的一种可能性。

[0034] 如以上所提及的,根据本发明的超声换能器组件能够以低技术努力来补偿所述换能器信号的定时误差和/或寄生延迟,这是因为所述换能器信号被独立地时移并且被提供到不同的信号组合器,使得在得到的输出信号中所述定时误差通过彼此被对应地补偿。因此,所述定时误差仅导致微型波束形成的输出信号的幅度误差,但不导致操纵角度误差,使得能够改善图像质量。

附图说明

[0035] 参考下文描述的(一个或多个)实施例,本发明的这些方面和其他方面将变得明显并且得到阐明。

[0036] 图1示出了用于扫描患者的身体的体积的超声成像系统的示意性表示;

- [0037] 图2示出了超声系统的已知的二对一通道接收波束形成器的示意性方框图；
- [0038] 图3示出了用于定时误差补偿的接收波束形成器的实施例；
- [0039] 图4示出了用于定时误差补偿的二对一通道接收波束形成器的另外的实施例；
- [0040] 图5示出了二对一通道接收波束形成器的另外的实施例；并且
- [0041] 图6示出了针对不同的接收波束形成器和不同的定时误差的不同的敏感度图。

具体实施方式

[0042] 图1示出了根据实施例的具体是医学三维(3D)超声成像系统的超声系统10的示意性图示。超声成像系统10被应用于探查具体是患者12的解剖结构部位的解剖结构部位的体积。所述超声系统包括具有至少一个换能器阵列的超声探头14,所述至少一个换能器阵列具有用于发射和/或接受超声波的多个换能器元件。在一个范例中,换能器元件中的每个换能器元件能够以具有特定脉冲持续时间的至少一个发射脉动的形式,具体以多个后续发射脉冲的形式,来发射超声波。换能器元件可以被布置在一维阵列或二维阵列中,具体用于提供多平面或三维图像。

[0043] 超声扫描典型地涉及发出对身体内的特定体积进行照射的超声波,所述特定体积可以被指定为靶体积。这能够通过多个不同角度处发出超声波来实现。然后通过接收并处理反射波来获得一组体积数据。通过对个体超声信号提供个体延迟的接收波束形成器来实现对超声换能器的操纵。

[0044] 应当理解,超声探头14可以以无创方式(如图1所示)或有创方式(未示出)来使用,这是因为这通常是以二维经食管超声心动描记术(TEE)来完成的。超声探头14可以由系统的用户(例如,医学员工或医生)手持。超声探头14被提供到患者12的身体,使得解剖结构部位(具体为患者12的解剖结构目标)的图像被提供。

[0045] 另外,超声系统10可以包括控制单元16,所述控制单元16控制经由超声系统10对超声图像的提供。控制单元16控制经由超声探头14的换能器阵列的数据采集并且控制信号和图像处理,所述信号和图像形成来自自由超声探头14的换能器阵列接收到的超声波束的回波的超声图像。

[0046] 超声系统10还可以包括用于向用户显示3D图像的显示器18。另外,输入设备20可以被设置为连接到显示器18或被直接连接到控制单元16。

[0047] 超声系统10一般包括波束形成器,所述波束形成器被提供用于将换能器元件操纵到要被探查的解剖结构部位内的焦点。通过向换能器信号提供个体时间延迟来将个体换能器元件操纵到焦点,使得超声波从焦点到不同的换能器元件的切换时间能够被补偿。借助于由波束形成器提供的这些个体时间延迟,能够提供被操纵的超声换能器。

[0048] 波束形成器包括微型波束形成器,所述微型波束形成器被定位在超声探头14中靠近换能器阵列。波束形成器还可以包括被集成在控制单元16中并被连接到微型波束形成器以用于粗略波束形成的系统波束形成器。超声系统10还包括模拟-数字转换器(ADC),所述模拟-数字转换器优选地被连接在微型波束形成器与系统波束形成器之间。

[0049] 图2示出了根据现有技术已知的超声换能器,所述超声换能器一般被标为20。超声换能器20包括二对一通道接收微型波束形成器,所述二对一通道接收微型波束形成器适于通过将不同时移的信号进行组合来减少定时误差的影响。超声换能器20包括多个换能器元

件22,所述多个换能器元件22适于接收超声波并适于将超声波转换成电换能器信号X1-X4。换能器元件22中的每个换能器元件都被连接到放大器24以用于放大电换能器信号X1-X4,其中,放大器24优选地是运算放大器的形式。换能器元件22中的每个换能器元件还被连接到定时元件26,所述定时元件26适于向接收自换能器元件22的电信号X1-X4提供定义的时移。换能器元件22中的两个换能器元件被连接到一个信号加法器28,以便将电信号组合为一个输出信号Y1、Y2,所述输出信号Y1、Y2由粗略波束形成器组合为超声换能器(未示出)的总体输出信号。

[0050] 被连接到信号加法器28中的一个信号加法器的定时元件26适于向电换能器信号X1-X4分别提供正时移和负时移,使得在信号加法器28处能够补偿定时误差。实际上,所有的定时元件26向电换能器信号X1-X4提供固定的正时间延迟并提供额外的相对时移,使得能够实施正时移和负时移。

[0051] 这些标准二对一通道接收波束形成器的缺点在于,必须非常精确地设定时间延迟,并且已经针对中等的定时误差生成了栅瓣,使得得到的图像质量受到影响。

[0052] 图3示出了根据本发明的一个实施例的超声换能器组件,所述超声换能器组件一般被标为30。超声换能器组件30包括多个换能器元件32、34、36、38、40,以用于接收超声波并用于提供电换能器信号,所述电换能器信号一般被标为X1、X2、X3、X4、X5。超声换能器组件30一般还包括被连接到超声换能器元件32-40的超声波束形成器。图3所示的超声波束形成器是四对一通道微型波束形成器的形式。超声波束形成器通过如下文所描述地向电换能器信号X1-X5提供时移来提供超声换能器元件32-40到一点的操纵和聚焦。超声换能器元件32-40可以被布置在换能器元件的一维阵列或二维阵列中,以便提供二维超声图像或三维超声图像。

[0053] 超声换能器组件30,并且具体是超声微型波束形成器,包括提供第一输出信号Y1的第一信号组合器42和提供第二输出信号Y2的第二信号组合器44。信号组合器42、44是信号加法器的形式,其基于超声换能器信号X1-X4和X2-X5对电信号进行组合以形成输出信号Y1、Y2。信号组合器42、44中的每个信号组合器被连接到换能器元件34、36、38,使得换能器元件34、36、38被并行地彼此连接。

[0054] 形成第一组换能器元件的换能器元件34、36、38中的每个换能器元件经由第一增益元件46和第一定时元件48被连接到第一加法器42。换能器元件34、36、38还经由第二增益元件50和第二定时元件52被连接到第二信号组合器44。优选地通过对超声换能器信号X2、X3、X4进行分离和复制来由超声换能器信号X2、X3、X4形成多个(在这种情况下为两个)次级超声信号,并且次级信号借助于对定时元件的增益元件46、50被提供有增益因子 g 。次级超声信号与各自的超声换能器信号X2、X3、X4相同。次级换能器信号借助于定时元件48、52还被提供有时移 τ 。增益元件46、50和定时元件48、52对超声换能器信号X2-X4提供不同的增益因子和不同的时移 τ ,所述不同的增益因子和不同的时移 τ 与各自的换能器元件34-36的位置相对应并且与分别被增益并被时移的信号所提供到的信号组合器42、44相对应。

[0055] 换能器元件32、40中的每个换能器元件经由增益元件54和定时元件56被连接到信号组合器42、44中的仅一个信号组合器。分别被连接到信号组合器42、44中的一个信号组合器的换能器元件32、40属于第二组换能器元件。增益元件54向各自的超声换能器信号X1、X5提供参考增益,并且定时元件56向超声换能器信号X1、X5提供固定的时间延迟 τ_1 。第一定时

元件48和第二定时元件52中的每个向各自的超声换能器信号X2、X3、X4提供固定的延迟 τ_1 以及额外的时移,所述额外的时移在第一定时元件48的情况下是正的并且在第二定时元件52的情况下是负的。因此,被提供到第一信号组合器42的信号具有相对于固定时间延迟 τ_1 的负时移,并且被提供到第二信号组合器44的信号具有相对于固定延迟 τ_1 的正时移。输出信号Y1、Y2例如由系统波束形成器最终组合为换能器组件30的总体输出信号(未示出)。

[0056] 被提供到信号组合器42、44的信号可以被提供有加权因子,以便对各自的信号独立地进行加权,使得各自的个体换能器信号X1-X5对输出信号Y1、Y2的波形具有个体影响。

[0057] 由于对由不同的信号组合器42、44组合的被不同时移且被不同加权的超声换能器信号X1-X5的组合,与根据本领域已知的超声波束形成器相比,得到的总体输出信号对编程的延迟特定分布的定时误差的敏感度更小。

[0058] 增益元件46、50、54的增益因子g和定时元件48、52、56的时移 τ 具有不同的值。时移和增益因子主要是:

[0059] $\tau_1 =$ 固定的延迟,其足够大以有效地使所有的延迟为正;

[0060] $\tau_{2a} = \tau_1 - \Delta \tau$

[0061] $\tau_{2b} = \tau_1 + (N-1) \Delta \tau$

[0062] $\tau_{3a} = \tau_1 - 2 \Delta \tau$

[0063] $\tau_{3b} = \tau_1 + (N-2) \Delta \tau$

[0064] $\tau_{4a} = \tau_1 - 3 \Delta \tau$

[0065] $\tau_{4b} = \tau_1 + (N-3) \Delta \tau$

[0066] $g_1 =$ 参考增益

[0067] $g_{2a} = (N-1) / N * g_1$

[0068] $g_{2b} = 1 / N * g_1$

[0069] $g_{3a} = (N-2) / N * g_1$

[0070] $g_{3b} = 2 / N * g_1$

[0071]

[0072] $g_{Na} = 1 / N * g_1$

[0073] $g_{Nb} = (N-1) / N * g_1$

[0074] 其中, $\Delta \tau$ 是针对计算出的信号传播延迟差异的增量校正,并且N是子通道中的换能器元件32-38的数量,在该范例中N=4。该结构能够被用于提供任何的对一通道接收波束形成器,其中,N是大于一的任何自然数。

[0075] 在特定实施例中,ADC可以被集成在微型波束形成器中并且被连接在换能器元件与增益元件54、46、50之间。在特定实施例中,ADC由针对所有的通道具有固定的增益的低噪声放大器来进行。

[0076] 在另外的实施例中,仅被连接到信号组合器42、44中的一个信号组合器的第二组元件的换能器元件32、40能够被实现为虚拟换能器元件,其中,第一组换能器元件的固定时间延迟与虚拟换能器元件的固定时间延迟对齐。

[0077] 在这种情况下,时移和增益因子主要是:

[0078] $\tau_1 =$ 固定的延迟,其足够大以有效地使所有的延迟为正;

[0079] $\tau_{2a} = \tau_1 - 0.5 * \Delta \tau$

$$[0080] \quad \tau_{2b} = \tau_1 + (N-0.5) \Delta \tau$$

$$[0081] \quad \tau_{3a} = \tau_1 - 1.5 \Delta \tau$$

$$[0082] \quad \tau_{3b} = \tau_1 + (N-1.5) \Delta \tau$$

$$[0083] \quad \tau_{4a} = \tau_1 - 2.5 \Delta \tau$$

$$[0084] \quad \tau_{4b} = \tau_1 + (N-2.5) \Delta \tau$$

$$[0085] \quad g_1 = \text{参考增益}$$

$$[0086] \quad g_{2a} = (N) / (N+1) * g_1$$

$$[0087] \quad g_{2b} = 1 / (N+1) * g_1$$

$$[0088] \quad g_{3a} = (N-1) / (N+1) * g_1$$

$$[0089] \quad g_{3b} = 2 / (N+1) * g_1$$

$$[0090] \quad \dots\dots$$

$$[0091] \quad g_{Na} = (1) / (N+1) * g_1$$

$$[0092] \quad g_{Nb} = (N) / (N+1) * g_1$$

[0093] 其中, $\Delta \tau$ 是针对计算出的信号传播延迟差异的增量校正, 并且 N 是子通道中的非虚拟(真实)换能器元件34、36、38的数量(在该范例中 $N=3$)。

[0094] 图4示出了包括二对一通道微型波束形成器的超声换能器组件30的实施例。在该实施例中, 超声换能器组件30包括三个或更多个信号组合器60、62、64, 所述三个或更多个信号组合器60、62、64基于两个或三个换能器元件32-40的超声换能器信号 X_1 - X_5 来组合信号。信号组合器60、62、64优选地是信号加法器的形式并且提供微型波束形成器的输出信号 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 , 所述输出信号 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 由(粗略的)系统波束形成器(未示出)组合为总体输出信号。在该实施例中, 属于第二组换能器元件的换能器元件32、36、40经由增益元件54和定时元件56分别被直接连接到信号组合器60、62、64中的一个信号组合器。属于第一组换能器元件的换能器元件34、38被连接到增益元件66以向各自的超声换能器信号 X_2 、 X_4 提供增益因子 g , 其中, 根据包括增益因子 g 的超声换能器信号 X_2 、 X_4 来形成两个单独的次级换能器信号。通过对换能器信号 X_2 、 X_4 进行分离和复制来形成次级换能器信号, 其中, 该次级换能器信号与除了增益因子之外的次级换能器信号是相同的。分别借助于第一定时元件68和第二定时元件70来对两个次级换能器信号进行时移, 其中, 两个次级换能器信号被提供到信号组合器60、62、64中的不同的信号组合器。因此, 属于第二组换能器元件并且在该行中为奇数换能器元件的换能器元件32、36、40被直接连接到信号组合器60、62、64中的一个信号组合器, 并且为偶数换能器元件的换能器元件34、38被连接到信号组合器60、62、64中的两个信号组合器。

[0095] 如以上所描述的, 定时元件56向各自的超声换能器信号 X_1 、 X_3 、 X_5 提供固定的延迟 τ_1 , 并且定时元件68、70向超声换能器信号 X_2 、 X_4 提供固定的延迟 τ_1 并额外地提供相对时移 $-\Delta \tau$ 、 $+\Delta \tau$, 其中, 定时元件68提供负时移 $-\Delta \tau$, 并且定时元件70向各自的超声换能器信号 X_2 、 X_4 提供正时移 $+\Delta \tau$ 。

[0096] 由于超声换能器信号 X_2 、 X_4 被不同时移并且借助于增益因子 g 被增益, 与根据现有技术已知的波束形成器相比, 总体输出信号对编程的延迟特性分布的定时误差的敏感度更小, 使得能够实现换能器组件的更精确的操纵和更精确的成像。

[0097] 在特定实施例中, ADC 可以被集成在微型波束形成器中并被连接在换能器元件与

增益元件54、56之间(实际上,在这种情况下,ADC可以在由针对所有的通道具有固定增益的低噪声放大器之后)。

[0098] 图5示出了超声换能器组件30的另外的实施例。在该实施例中,换能器组件30包括三个或更多个信号组合器60、62、64,所述三个或更多个信号组合器60、62、64基于由不同的超声换能器元件32-40提供的不同的超声换能器信号X1-X5来接收每个信号。

[0099] 与图4的实施例相同,超声换能器元件34、38的超声换能器信号X2、X4被提供有增益因子g并且被分离成两个分离的信号,所述两个分离的信号借助于定时元件68、70被不同地时移(正的或负的)并被提供到各自的邻近的信号组合器60、62、64。

[0100] 超声换能器元件32、36、40的超声换能器信号X1、X3、X5借助于增益元件54被提供有增益因子g并且被分离成两个或三个分离的信号,其中,一个分离信号借助于定时元件56被提供有固定的时间延迟,并且因此延迟的信号被提供到信号组合器60、62、64中的一个信号组合器。另一个分离信号借助于第一定时元件72和第二定时元件74被时移,其中,这样被不同地时移的信号被提供到信号组合器60、62、64中的不同的信号组合器。第一定时元件72向各自的分离的信号提供固定的时间延迟 τ 以及负时移,并且第二定时元件74向分离的信号提供固定的延迟 τ 和正时移。在该特定实施例中,通过分离和复制由超声换能器信号X3、X5来形成三个次级换能器信号,并且具有不同的时移的所述三个次级换能器信号被提供到信号组合器中的三个信号组合器,其中,超声换能器信号X2、X4被分离成两个分离的信号,并且具有不同的时移的所述两个分离的信号被提供到信号组合器60、62、64中的两个信号组合器。

[0101] 额外地,在信号组合器60、62、64处借助于加权因子 $(G, 1-2G)$ 来对分离的信号进行加权,以便基于超声换能器信号X1-X5来独立地形成输出信号Y1、Y2、Y3。由于三个或更多个换能器元件32-40的信号在信号组合器60、62、64处被组合,因此与简单的二对一通道微型波束形成器相比,由超声换能器组件的该实施例提供的微型波束形成器输出信号对编程的延迟特性分布的定时误差的敏感度更小。

[0102] 在特定实施例中,ADC可以被集成在微型波束形成器中并被连接在换能器元件与增益元件54、66之间,并且实际上,在这种情况下,ADC优选地在由针对所有的通道具有固定增益的低噪声放大器之后。

[0103] 下面,计算图2的超声换能器组件20以及图4和图5的超声换能器组件30的总体输出信号的栅瓣的幅度,以便确定对编程的定时误差的敏感度。

[0104] 实际上,所生成的微型波束形成器延迟不会确切地等于期望的延迟。两个延迟之间的差异为 $\Delta \tau$ 误差:

$$[0105] \quad +\Delta \tau_{\text{生成}} = +\Delta \tau + \Delta \tau_{\text{误差}}$$

$$[0106] \quad -\Delta \tau_{\text{生成}} = -\Delta \tau - \Delta \tau_{\text{误差}}$$

[0107] 注意到,假设对正延迟的误差相对于负延迟的误差幅值相等但具有负符号。这是真实的,这是因为延迟是使用相同类型的电路在同一ASIC上生成的。

[0108] 假设能够根据以下通过共振频率 $\omega_{\text{共振}}$ 周围的窄带信号对两个换能器元件的超声反射进行建模:

$$[0109] \quad X1(t) = A(t - \Delta \tau_{\text{真实}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - \Delta \tau_{\text{真实}}/2))$$

$$[0110] \quad X2(t) = A(t + \Delta \tau_{\text{真实}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + \Delta \tau_{\text{真实}}/2))$$

[0111] 其中, $+\Delta\tau_{\text{真实}}$ = 针对实际反射的超声信号X1和X2信号的传播延迟差异,并且如果实际反射从操纵和聚焦方向到达, $+\Delta\tau_{\text{真实}} = +\Delta\tau$,

[0112] $A(t)$ = 作为时间函数的包线的幅度。

[0113] 图2(现有技术)所示的超声换能器组件的输出信号Y1_1能够被描述为:

$$[0114] \quad Y1_1(t) = X1(t + \Delta\tau_{\text{生成}}/2) + X2(t - \Delta\tau_{\text{生成}}/2)$$

$$[0115] \quad = A(t - \Delta\tau_{\text{真实}}/2 + \Delta\tau_{\text{生成}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - \Delta\tau_{\text{真实}}/2 + \Delta\tau_{\text{生成}}/2)) +$$

$$[0116] \quad A(t + \Delta\tau_{\text{真实}}/2 - \Delta\tau_{\text{生成}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + \Delta\tau_{\text{真实}}/2 - \Delta\tau_{\text{生成}}/2))$$

[0117] 对于来自操纵方向(Y1_1s)的声学能量,该方程能够被改写为:

$$[0118] \quad Y1_1s(t) = A(t + \Delta\tau_{\text{误差}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + \Delta\tau_{\text{误差}}/2)) +$$

$$[0119] \quad A(t - \Delta\tau_{\text{误差}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - \Delta\tau_{\text{误差}}/2))$$

$$[0120] \quad \begin{aligned} Y1_1s(t) &\approx A(t) * 2 * \cos(\Delta\tau_{\text{误差}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \\ &\approx A(t) * (2 - (\omega_{\text{共振}} \Delta\tau_{\text{误差}}/2)^2) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \end{aligned} \quad (\text{公式 1})$$

[0121] 对于来自引起第一栅瓣的方向(Y1_1g)的声学能量,该方程能够被改写为:

$$[0122] \quad Y1_1g(t) = A(t + \Delta\tau_{\text{误差}}/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + \Delta\tau_{\text{误差}}/2)) -$$

$$[0123] \quad A(t - \Delta\tau_{\text{误差}}/2 + T/2) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - \Delta\tau_{\text{误差}}/2))$$

$$[0124] \quad \begin{aligned} Y1_1g(t) &\approx A(t) * 2 * \sin(\Delta\tau_{\text{误差}}/2) * \cos(\omega_{\text{共振}} t) \\ &\approx A(t) * \Delta\tau_{\text{误差}} * \cos(\omega_{\text{共振}} t) \end{aligned} \quad (\text{公式 2})$$

[0125] 在图4所示的超声换能器的情况下,波束形成器对所有的奇数(偶数)换能器信号是透明的。偶数(奇数)信号被传递到两个信号组合器。例如,根据下式,换能器元件的信号X2在输出Y1和Y2中是可见的:

$$[0126] \quad Y1_2(t) = \text{增益} * A(t - \Delta\tau_{\text{生成}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - \Delta\tau_{\text{生成}}))$$

$$[0127] \quad Y2_2(t) = \text{增益} * A(t + \Delta\tau_{\text{生成}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + \Delta\tau_{\text{生成}})) \quad (\text{公式 3})$$

[0128] 典型地,增益因子(增益)是0.5...0.6。在系统波束形成器(未示出)中,根据以下来组合信号:

$$[0129] \quad Y_{\text{总}}_2(t) = Y1_2(t + \Delta\tau_{\text{系统}}) + Y1_2(t - \Delta\tau_{\text{系统}}) \quad (\text{公式 4})$$

其中, $\Delta\tau_{\text{系统}}$ 是在被定位在成像系统的外部的系统波束形成器中生成的延迟。假设该系统生成正确的操纵或聚焦延迟(系统波束形成器典型地具有比微型波束形成器大得多的计算能力),则:

$$[0130] \quad +\Delta\tau_{\text{系统}} = +\Delta\tau = +\Delta\tau_{\text{生成}} - \Delta\tau_{\text{误差}}$$

$$[0131] \quad -\Delta\tau_{\text{系统}} = -\Delta\tau = -\Delta\tau_{\text{生成}} + \Delta\tau_{\text{误差}}$$

[0132] 改写公式3和公式4,给出:

[0133]

$$\begin{aligned} Y_{\text{总}}_2(t) &= \text{增益} * (A(t - \Delta\tau_{\text{误差}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - \Delta\tau_{\text{误差}})) + \\ &A(t + \Delta\tau_{\text{误差}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + \Delta\tau_{\text{误差}}))) \\ &\approx \text{增益} * 2 * A(t) * \cos(\omega_{\text{共振}} \cdot \Delta\tau_{\text{误差}}) * \sin(\omega_{\text{共振}} * t) \end{aligned} \quad (\text{公式 5})$$

[0134] 现在,通过第一组换能器元件和第二组换能器元件提供对奇数换能器信号和偶数换能器信号对输出的有效贡献进行计算是可能的:

$$[0135] \quad Y12_2(t) = X1(t - \Delta\tau_{\text{真实}}/2 + \Delta\tau_{\text{系统}}/2) + Y_{\text{总}}_2(t + \Delta\tau_{\text{真实}}/2 - \Delta\tau_{\text{系统}}/2)$$

[0136] 对于来自操纵方向 (Y12_2s) 的声学能量, 该方程能够被缩减为:

[0137]

$$\begin{aligned} Y12_2s(t) &\approx A(t) * (1 + g * 2 * \cos(\omega_{\text{共振}} \Delta \tau_{\text{误差}})) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \\ &\approx A(t) * (2 - 0.5 * (\omega_{\text{共振}} \cdot \Delta \tau_{\text{误差}})^2) * \sin(\omega_{\text{共振}} t); [g=0.5] \end{aligned} \quad (\text{公式 6})$$

[0138] 对于来自引起第一栅瓣的方向 (Y12_2g) 的声学能量, 该方程能够被改写为:

[0139]

$$\begin{aligned} Y12_2g(t) &\approx A(t) * (1 - \text{增益} * 2 * \cos(\omega_{\text{共振}} \Delta \tau_{\text{误差}})) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \\ &\approx A(t) * 0.5 * (\omega_{\text{共振}} \cdot \Delta \tau_{\text{误差}})^2 * \sin(\omega_{\text{共振}} t); --[g=0.5] \end{aligned} \quad (\text{公式 7})$$

[0140] 公式7示出, 所提出的包括针对中等的定时误差的波束形成器的超声换能器的栅瓣的幅度低于标准波束形成器的栅瓣的幅度 (公式2)。在标准微型波束形成器的情况下, 定时误差导致奇数超声信号与偶数超声信号之间的相位误差, 而针对所提出的微型波束形成器, 定时误差导致幅度误差。由于所有的定时误差导致经分离或经复制的次级换能器信号的减小的幅度 (公式5), 因此对成像性能有吸引力的是, 选取增益 > 0.5 的增益因子, 例如 $g = [0.5 \cdots 0.6]$ 。

[0141] 在图5所示的所提出的超声换能器30的第二实施例的情况下, 定时误差的影响被进一步减小。对偶数换能器信号的处理保持一样, 增益的典型值为 $g = 0.5$ 。波束形成器对于奇数信号的大部分保持透明。

[0142] 奇数信号的小部分被传递到邻近的输出节点。例如, 根据以下, 换能器元件X3的信号在输出Y1、Y2和Y3中是可见的:

$$[0143] \quad Y1_3(t) = G * A(t - 2 \Delta \tau_{\text{生成}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - 2 \cdot \Delta \tau_{\text{生成}}))$$

$$[0144] \quad Y2_3(t) = (1 - 2 * G) * A(t) * \sin(\omega_{\text{共振}} t)$$

$$[0145] \quad Y2_3(t) = G * A(t + 2 \Delta \tau_{\text{生成}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + 2 \Delta \tau_{\text{生成}})) \quad (\text{公式8})$$

[0146] 典型地, 增益因子 $g = 0.5$ 并且 $G = 0.1667$ 。在成像系统 (未示出) 中的系统波束形成器中, 信号根据以下被再次组合:

$$[0147] \quad Y_{\text{总}}_3(t) = Y1_3(t + 2 \Delta \tau_{\text{系统}}) + Y2_3(t) + Y1_3(t - 2 \cdot \Delta \tau_{\text{系统}}) \quad (\text{公式9})$$

[0148] 其中, $\Delta \tau_{\text{系统}}$ 是在被定位在成像系统的外部的系统波束形成器中生成的增量延迟。假设该系统生成正确的操纵或聚焦延迟:

$$[0149] \quad + \Delta \tau_{\text{系统}} = + \Delta \tau = + \Delta \tau_{\text{生成}} - \Delta \tau_{\text{误差}}$$

$$[0150] \quad - \Delta \tau_{\text{系统}} = - \Delta \tau = - \Delta \tau_{\text{生成}} + \Delta \tau_{\text{误差}}$$

[0151] 改写公式8和公式9, 给出:

[0152]

$$\begin{aligned} Y_{\text{总}}_3(t) &= G * (A(t - 2 \Delta \tau_{\text{误差}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t - 2 \Delta \tau_{\text{误差}})) + (1 - 2G) * A(t) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \\ &\quad + G * (A(t + 2 \Delta \tau_{\text{误差}}) * \sin(\omega_{\text{共振}}(t + 2 \Delta \tau_{\text{误差}}))) \\ &\approx A(t) * (1 + G * 2 * (\cos(\omega_{\text{共振}} 2 \Delta \tau_{\text{误差}}) - 1)) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \end{aligned} \quad (\text{公式 10})$$

[0153] 现在, 计算奇数信号和偶数信号对输出的有效贡献是可能的:

$$[0154] \quad Y12_3(t) = Y_{\text{总}}_3(t - \Delta \tau_{\text{真实}}/2 + \Delta \tau_{\text{系统}}/2) + Y_{\text{总}}_2(t + \Delta \tau_{\text{真实}}/2 + \Delta \tau_{\text{系统}}/2)$$

[0155] 对于来自操纵方向 (Y12_3s) 的声学能量, 该方程能够被缩减为:

[0156]

$$\begin{aligned}
 Y12_3s(t) &\approx A(t) * (1 + G * 2 * (\cos(\omega_{\text{共振}} \cdot 2\Delta\tau_{\text{误差}}) - 1) + \\
 &\quad \text{增益} * 2 * \cos(\omega_{\text{共振}} \Delta\tau_{\text{误差}})) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \quad (\text{公式 11}) \\
 &\approx A(t) * (2 - 1.2 * (\omega_{\text{共振}} \cdot \Delta\tau_{\text{误差}})^2) * \sin(\omega_{\text{共振}} t); [g=0.5, G=0.1667]
 \end{aligned}$$

[0157] 对于来自引起第一栅瓣的方向 (Y12_3g) 的声学能量, 该方程能够被改写为:

[0158]

$$\begin{aligned}
 Y12_2g(t) &\approx A(t) * (1 + G * 2 * (\cos(\omega_{\text{共振}} \cdot 2\Delta\tau_{\text{误差}}) - 1) - \\
 &\quad \text{增益} * 2 * \cos(\omega_{\text{共振}} \Delta\tau_{\text{误差}})) * \sin(\omega_{\text{共振}} t) \quad (\text{公式 12}) \\
 &\ll A(t) * 0.1 * (\omega_{\text{共振}} \Delta\tau_{\text{误差}})^2 * \sin(\omega_{\text{共振}} t); [g=0.5, G=0.1667]
 \end{aligned}$$

[0159] 根据公式12可以清楚的是, 栅瓣较不依赖于定时误差, 并且因此, 超声换能器组件30一般对于定时误差较不敏感。

[0160] 在图6a-6c中, 针对定时误差的不同值示出了图2、图4和图5的超声换能器组件20、30的角度敏感度。针对-36°的操纵角度计算出敏感度, 并且在+25°角度处生成栅瓣。

[0161] 所有的情况都涉及包括各自的超声波束形成器的换能器阵列的远场敏感度。已经编程了粗略的延迟, 使得波束被操纵到-36°的角度。针对 $0, 1 * T_{\text{共振}} / 20, 2 * T_{\text{共振}} / 20$ 和 $3 * T_{\text{共振}} / 20$ 的波束形成器定时误差示出了模拟的敏感度, 其中, $T_{\text{共振}}$ 是换能器共振频率的周期时间。

[0162] 如图6a所示, 图2所示的包括标准二对一波束形成器的换能器组件20的敏感度针对零定时误差不具有栅瓣, 而(在+25度处出现的) 第一栅瓣的幅度针对增大的定时误差而增大。

[0163] 图6b是对图4所示的超声换能器组件的模拟, 其中, 在25°处的栅瓣仅针对 $3 * T_{\text{共振}} / 20$ 的定时误差可见。对于更小的定时误差, 栅瓣幅度快速减小。

[0164] 图6c示出了对使用图5的微型波束形成器的超声换能器的敏感度的模拟。该模拟图示出了定时的误差在-36°操纵角度处确实减小了敏感度, 但没有示出任何栅瓣。

[0165] 因此, 根据本发明的超声换能器组件30与根据现有技术已知的换能器组件相比提供了对定时误差的减小的敏感度。

[0166] 尽管已经在附图和前面的描述中详细图示和描述了本发明, 但是这样的图示和描述应当被认为是图示性或示范性的, 而非限制性的。本发明不限于所公开的实施例。本领域技术人员通过研究附图、公开内容以及权利要求, 在实践请求保护的发明时能够理解并实现对所公开的实施例的其他变型。

[0167] 在权利要求书中, “包括”一词不排除其他元件或步骤, 并且词语“一”或“一个”不排除多个。单个元件或其他单元可以实现在权利要求中记载的若干项的功能。尽管某些措施被记载在互不相同的从属权利要求中, 但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。

[0168] 权利要求中的任何附图标记都不应被解释为对范围的限制。

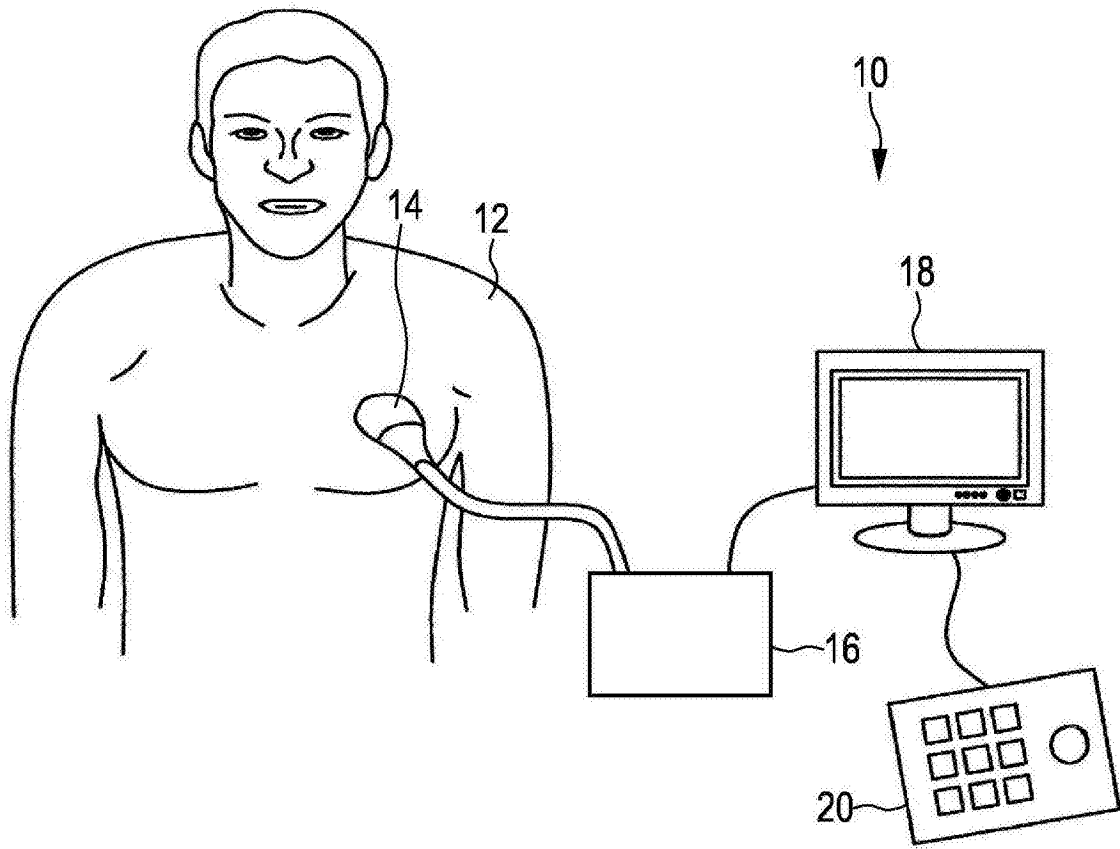


图1

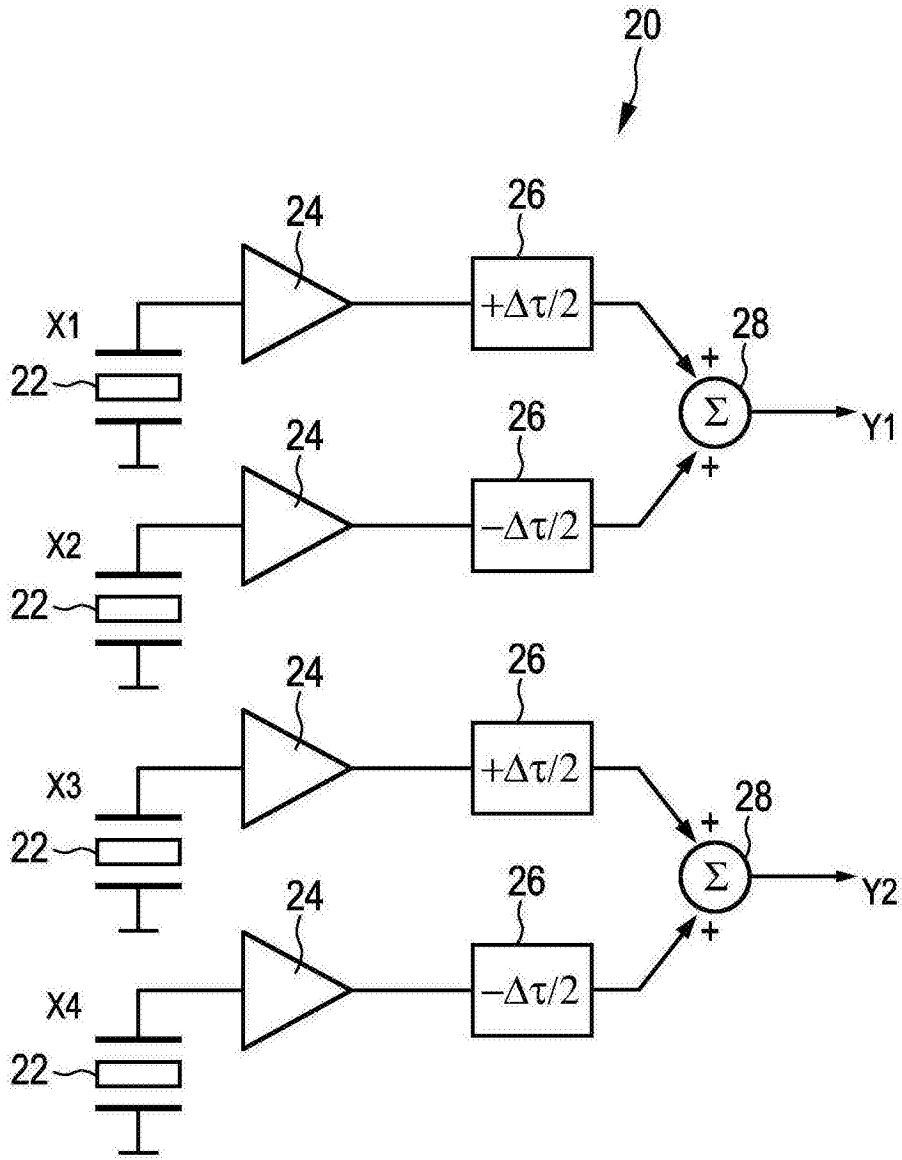


图2现有技术

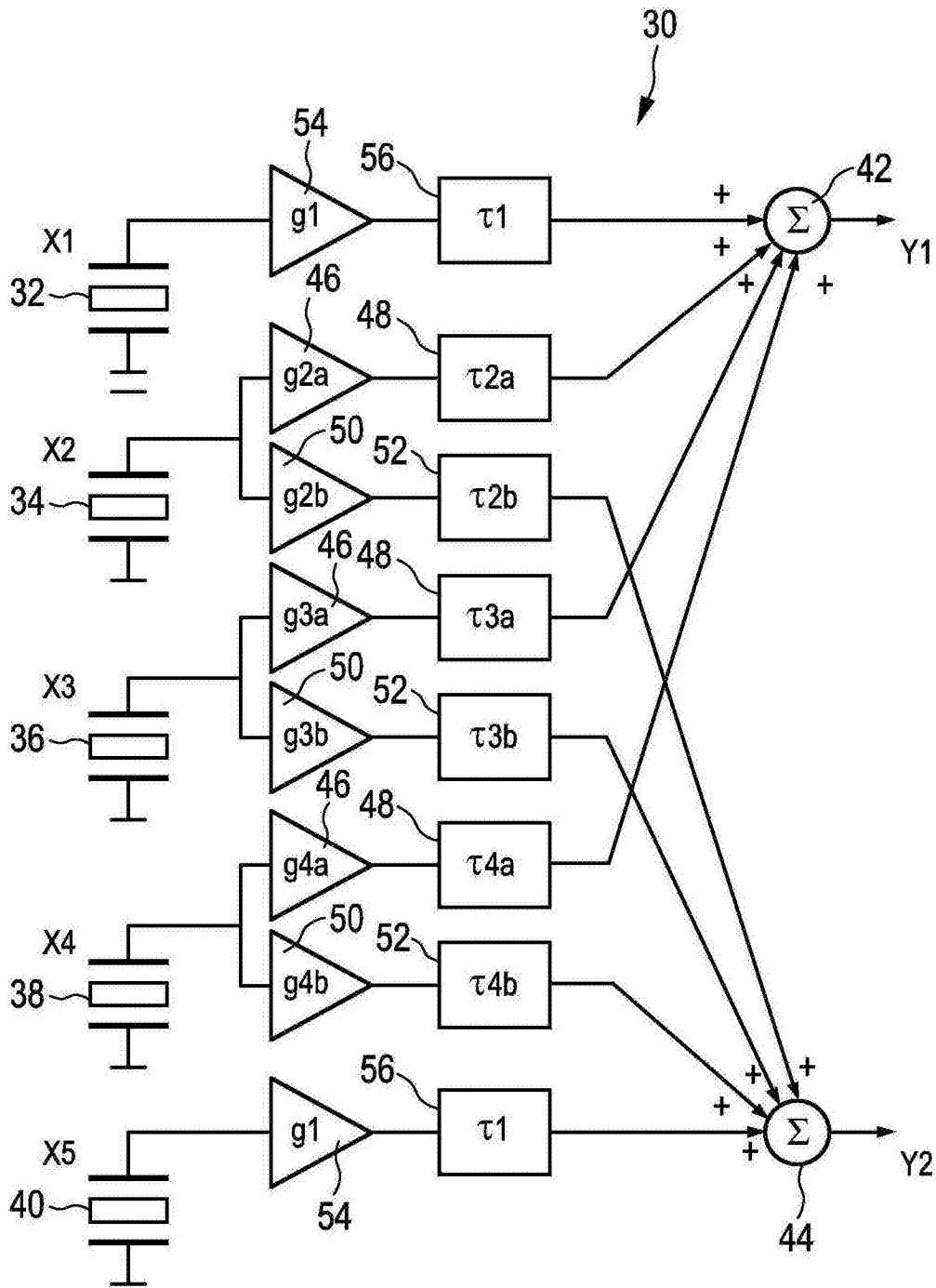


图3

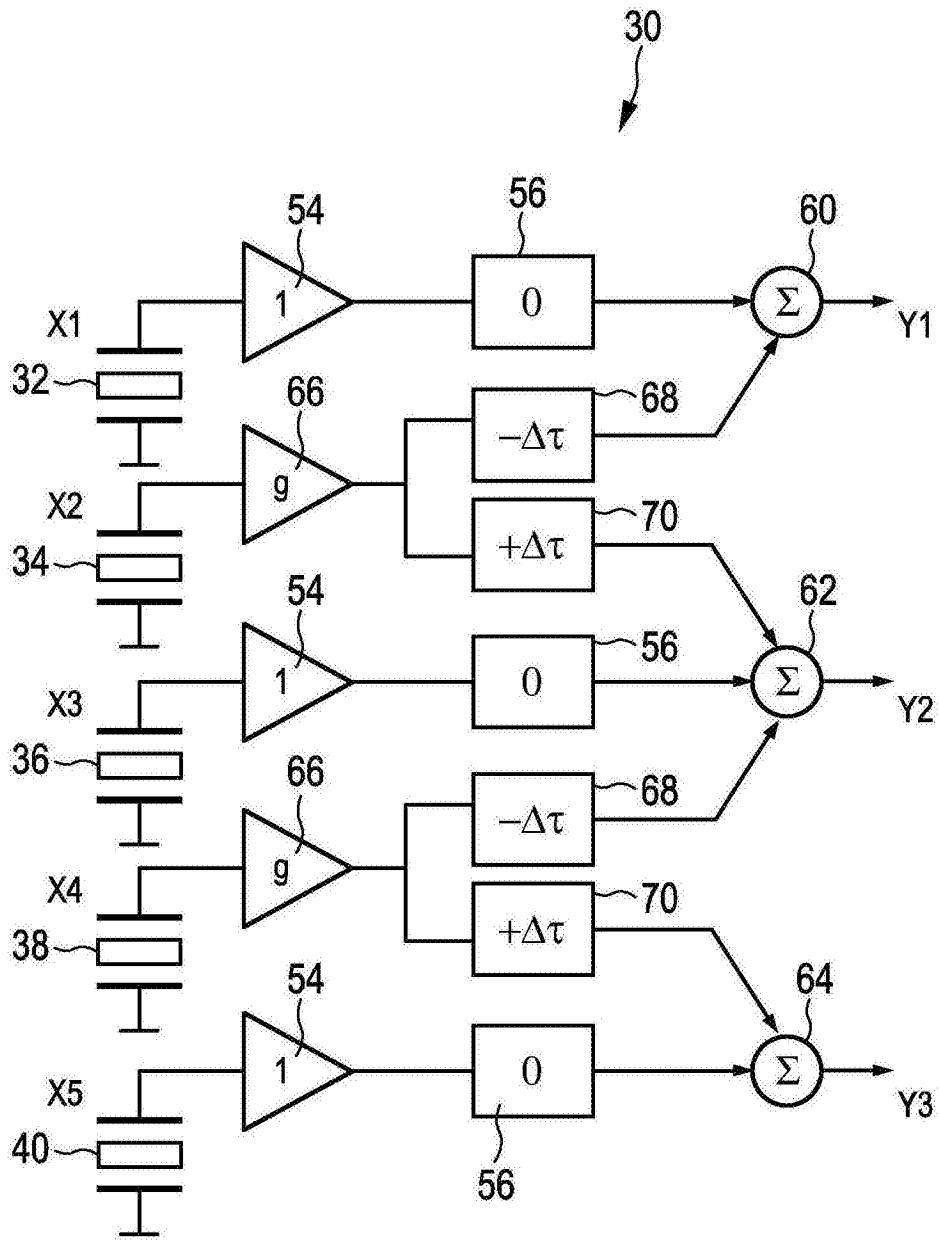


图4

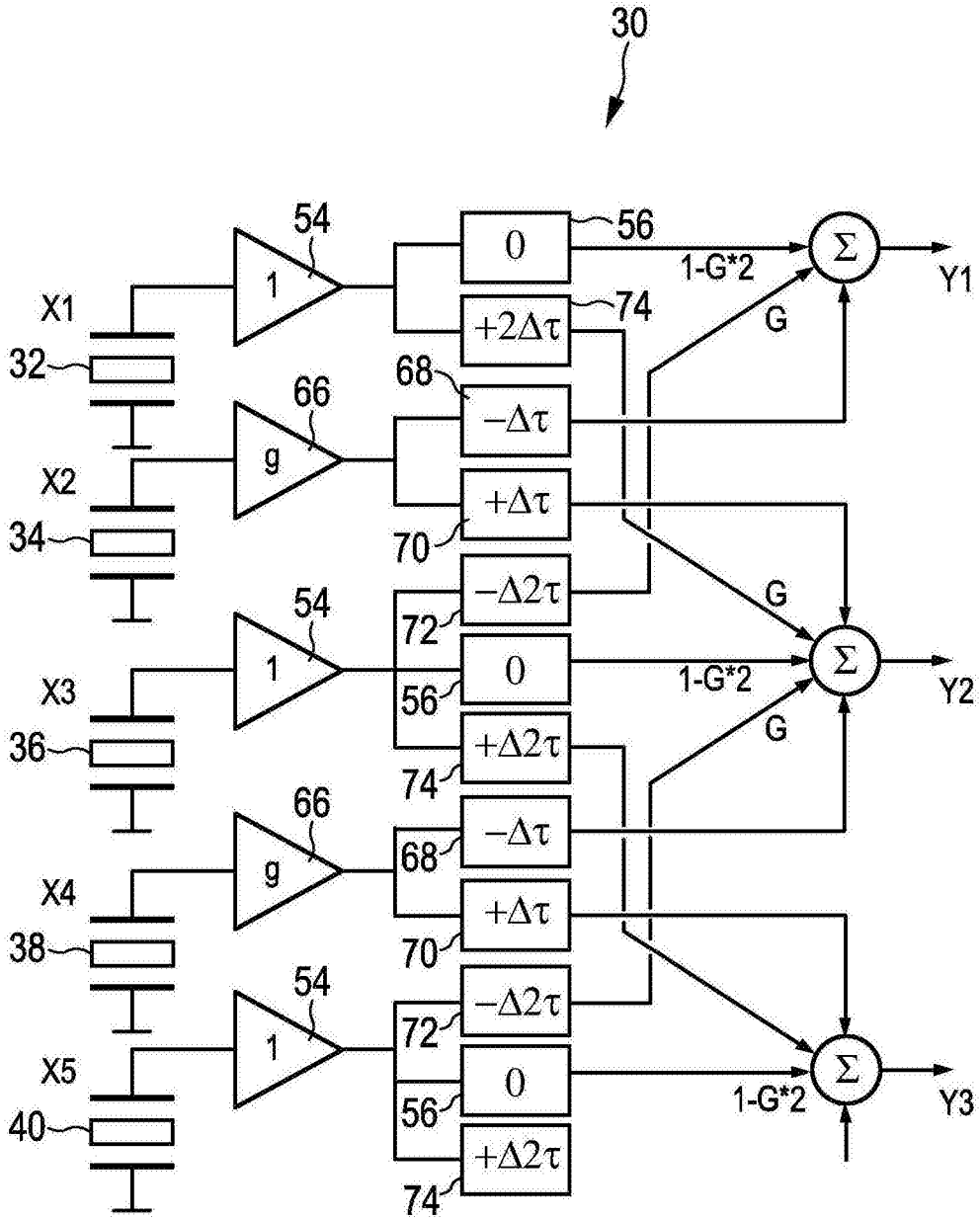


图5

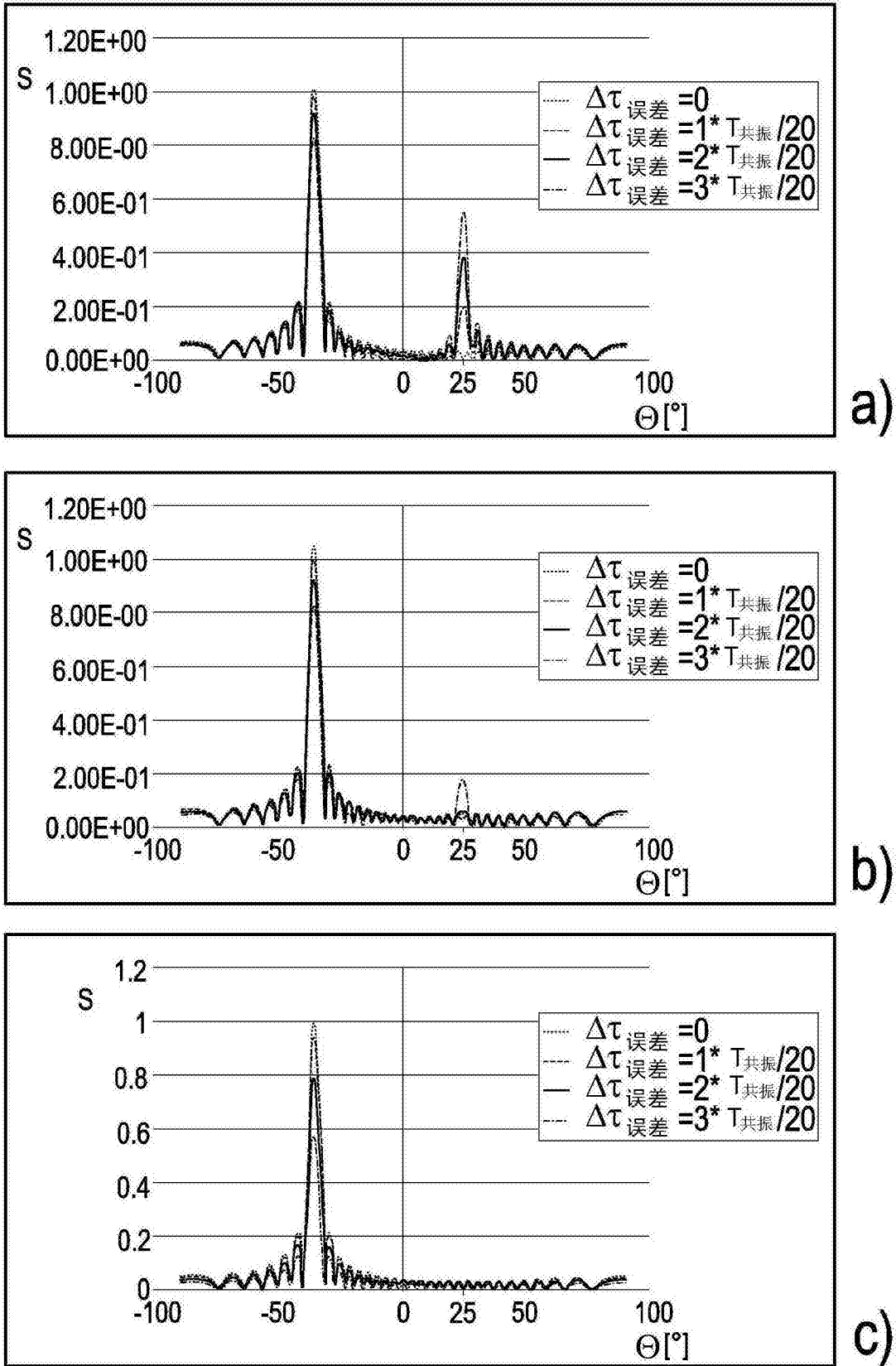


图6

专利名称(译)	超声换能器组件		
公开(公告)号	CN106456114A	公开(公告)日	2017-02-22
申请号	CN201580031258.0	申请日	2015-06-08
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦有限公司		
[标]发明人	AC范伦斯		
发明人	A·C·范伦斯		
IPC分类号	A61B8/00		
代理人(译)	王英		
优先权	2014172046 2014-06-12 EP		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

公开了一种超声换能器组件(30)，所述超声换能器组件包括多个超声换能器元件(34、36、38)，所述多个超声换能器元件用于接收超声波并且用于提供与分别接收到的超声波相对应的换能器信号(X2、X3、X4)。所述组件包括多个信号组合器(42、44；60、62、64)以及多个定时元件(48、52；68、70；72、74)，所述多个信号组合器用于基于所述换能器信号来提供不同的输出信号(Y1、Y2)，所述多个定时元件用于向所述换能器信号提供不同的时移(τ)。所述超声换能器元件中的每个超声换能器元件被连接到所述信号组合器中的多个信号组合器，以将包括所述不同的时移的所述换能器信号提供到所述信号组合器中的不同的信号组合器。

