

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780046927.7

[51] Int. Cl.

A61B 8/00 (2006.01)

G01N 29/07 (2006.01)

G01N 29/46 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 10 月 28 日

[11] 公开号 CN 101568304A

[22] 申请日 2007.12.19

[21] 申请号 200780046927.7

[30] 优先权

[32] 2006.12.20 [33] US [31] 60/871,014

[86] 国际申请 PCT/IB2007/055235 2007.12.19

[87] 国际公布 WO2008/075302 英 2008.6.26

[85] 进入国家阶段日期 2009.6.18

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 K·E·蒂勒

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王英 刘炳胜

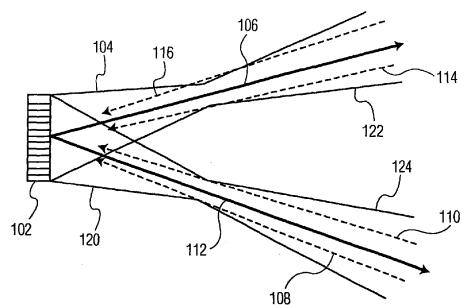
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 11 页

[54] 发明名称

多波束发射隔离

[57] 摘要

一种用于在多波束系统中隔离超声发射波束和减小交叉发射波束干涉的方法包括发射在第一和第二正角的第一超声波束和发射在第一和第二负角的第二超声波束。该方法还涉及接收第一、第二、第三和第四复合信号，其中，每个复合信号包括返回信号和反射分量。该方法还包括将有限脉冲响应滤波器应用于第一和第三复合信号以及第二和第四复合信号以获得第一与第二复合信号的平均值和第二与第四复合信号的平均值并且去除反射分量。



1、一种用于在多波束系统中隔离超声发射波束和减小交叉发射波束干涉的方法，所述方法包括：

通过在不相交的空间位置同时发射一定数量的超声波束执行第一发射事件，所述数量为至少两个，所述至少两个发射超声波束的每一个生成回波返回；

生成发射事件随着时间的序列；

将相位因子应用于每个发射事件中的所述至少两个发射超声波束的每一个；以及

在每个连续发射事件中，针对每个发射超声波束以唯一量调制所述相位因子，其中，通过相长地增加来自预期发射超声波束的能量和相消地干涉来自其余发射超声波束的能量对来自两个或更多发射事件的所述回波返回进行组合。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述多个发射超声波束等于每个发射事件有两种发射超声波束，并且其中，针对所述发射超声波束之一将所述相位因子简化为 $\{+1 +1 +1 \dots\}$ ，并且针对其他发射超声波束将所述相位因子简化为 $\{+1 -1 +1 -1 \dots\}$ 。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述不相交的空间位置以与相控阵扇区和弯曲线阵式换能器中的一个相关联的度数被限定。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述不相交的空间位置以与线性换能器相关联的侧向距离相偏移。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述不相交的空间位置对应于不同发射焦深。

6、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述连续发射事件顺序地扫描 2D 图像和 3D 体积中的一个。

7、根据权利要求 1 所述的方法，其中，在累加节点形成接收波束之后所述至少两个发射超声波束被隔离。

8、根据权利要求 7 所述的方法，在所述形成接收波束期间还使用并行处理以针对所述至少两个发射超声波束的每一个产生一个或多个接收波束。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其中，所述接收波束的每一个具有用于组合来自连续发射事件的能量的系数的唯一集合，其中，来自所述预期发射超声波束的能量被相长地增加，而来自其他非期望发射超声波束的能量被相消地干涉。

10、根据权利要求 1 所述的方法，其中，多波束系统包含利用微波束形成电子装置的超声换能器。

11、根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述微波束形成电子装置波束形成至少一个面元，并且每个面元的组内处理器针对 N 个空间不相交的发射超声波束的每一个重复 N 次。

12、根据权利要求 1 所述的方法，其中，可以使用关于发射和接收的至少一个的时间延迟对相位因子调制进行近似。

13、根据权利要求 1 所述的方法，其中，使用组织谐波成像调制所述相位因子。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中，所述组织谐波成像包括至少

---

两个谐波分量，并且应用于所述发射波束的相位因子调制量基本上被减半，其中，在接收期间在  $2 \times RF$  的观测相位因子通过与所述至少两个谐波的第二次谐波关联的非线性波传播被有效地加倍。

15、根据权利要求 13 所述的方法，其中，对于发射波形的第  $M$  次谐波分量，应用于所述发射波束的相位因子调制量基本上被减半，其中，在接收期间在第  $M$  次接收谐波  $M \times F_{xmit F}$  观察到的观测相位因子通过与所述组织谐波成像的第二次谐波关联的非线性波传播被有效地加倍。

16、一种用于在超声成像中允许更快帧速的方法，所述方法包括：

使用具有一个或多个微波束形成器的矩阵阵列超声换能器同时发射多个超声波束，其中，矩阵换能器包括超声元件的 2D 阵列，所述超声元件包含换能器外壳中的电子装置以执行波束形成的某个方面，所述换能器外壳中的电子装置支持在不相交的空间位置中被波束形成的独立的和分离的同时发射的超声波束。

17、根据权利要求 16 所述的方法，还包括：

生成发射事件随着时间的序列，每个发射事件包括在不相交的空间位置的同时发射的多个超声波束，所述发射的超声波束的每一个生成回波返回；

将相位因子应用于每个发射事件中的所述发射的超声波束的每一个；以及

在每个连续发射事件中，针对每个发射的超声波束以唯一量调制相位因子，其中，通过相长地增加来自预期发射超声波束的能量和相消地干涉来自其余发射超声波束的能量对来自两个或以上发射事件的回波返回进行组合。

18、根据权利要求 16 所述的方法，其中，具有同时发射的波束的至少两个微波束形成器包括面元。

19、根据权利要求 16 所述的方法，其中，每个微波束形成器产生不同发射波场，并且所述面元中的所述微波束形成器的所述不同发射波场是可组合的。

20、根据权利要求 16 所述的方法，其中，每个面元的组内处理器针对空间不相交的发射超声波束的每一个重复 N 次。

21、根据权利要求 16 所述的方法，其中，可以使用关于发射和接收的至少一个的时间延迟对所述相位因子调制进行近似。

## 多波束发射隔离

本发明大体涉及使用多个超声发射波束的超声成像，尤其涉及在使用多普勒方法的多波束系统中进行隔离超声发射波束和减小交叉发射波束干涉。

诊断超声是目前使用的最通用的、最便宜的和最广泛使用的诊断成像模式之一。伴随着三维超声和多普勒组织成像 (DTI) 的出现，人们在增加超声成像中的帧速方面付出了很多努力。一个特殊方法涉及接收多线波束处理，其中，针对每个发射波束或事件计算许多超声接收波束。

该方法存在的问题是为了沿着给定扫描线方向接收能量，超声发射能量需要沿着该视线被提供。为了解决该问题，基本上有两种方法。

第一方法涉及加宽或“展平”发射波束，使得其包围较大的面积或体积。该技术遭遇到分辨率减小（在细节和对比度两方面）和灵敏度减小的问题。

第二方法涉及同时将多个聚焦和密集发射波束发射或“击发”到人体中。该方法存在的问题是交叉发射波束干涉（即，一种串扰形式），也就是说，来自一个发射波束的能量污染沿另一发射波束聚集的接收波束，反之亦然。

提出了几种方案以解决该交叉发射波束干涉的问题。这些方案中的一些包括对接收波形主动置零以排除来自其他发射波束的能量、编码激励、空间分集，也就是说，尽可能远地放置发射波束和频率分集。例如，美国专利 6,179,780 描述了用于克服串扰问题的各种方法，包括使用接收波束合成器、使用编码传输、使用非均匀扫描序列以及使用不同发射中心频率。据申请人所知，这些方法到目前为止还未在商业上被利用。

本发明通过提供隔离来自预期发射波束的能量的新颖方法和用于减小能量和对“其他”（一个或多个）发射波束的易感性的装置而提供多波束

---

系统中交叉发射波束干涉的解决方案。

用于在多波束系统中隔离超声发射波束和减小交叉发射波束干涉的本发明的方法包括以下步骤：通过在不相交的空间位置同时发射至少两个超声波束执行第一发射事件，每个发射超声波束生成回波返回；生成发射事件的序列；将相位因子应用于每个发射事件中的每个发射超声波束；在每个连续发射事件中，针对每个发射超声波束以唯一量调制相位因子；以及通过相长地增加来自预期发射超声波束的能量和相消地干涉来自其余发射超声波束的能量线性地组合来自两个或以上发射事件的回波返回。

根据以下描述以及根据权利要求，本发明的前述和其他目标、方面、特征和优势将更显而易见。

经由本发明的非限定性说明性实施例通过参考附图在以下详细描述中进一步描述了本发明。然而应当理解，本发明并不限于所示的精确布置和手段。在图中，在所有不同视图中相似的附图标记通常表示相同的部分。而且，附图不一定按比例绘制，而是通常强调突出显示本发明的原理。

图 1 是根据本发明的一个实施例的被定位成扫描人体组织的超声波束发射器的说明性示意图；

图 2A 是根据本发明的一个实施例的接收和发射波束的说明性示意图；

图 2B 是根据本发明的另一实施例的接收和发射波束的说明性示意图；

图 2C 是根据本发明的另一实施例的接收和发射波束的说明性示意图；

图 3 是根据本发明的一个实施例的超声发射事件、角和极性的说明性图表；

图 4 是根据本发明的一个实施例的用于在多波束系统中隔离发射超声波束和减小交叉发射波束干涉的方法的说明性流程图；

图 5A 是用于扫描 2D 图像的共面的四个同时发射波束的说明性示意图；

图 5B 是用于扫描体积的不共面的四个同时发射波束的说明性示意图；

图 6A 示出了当发射波形相同时的发射波形序列；

图 6B 示出了当每隔一次发射极性切换 (polarity toggle) 时的发射波形序列；

图 6C 示出了当发射波形使用超前相位项时的发射波形序列；

图 6D 显示了当发射波形使用滞后相位项时的发射波形序列；

图 7 是根据本发明的另一实施例的接收和发射波束的说明性示意图；

图 8A 是将声波发送到身体的不同发射波场的说明性示意图；以及

图 8B 是从身体返回的各面元的回波的累加的说明性示意图。

现在将详细参考本发明的优选实施例。尽管将结合优选实施例描述本发明，应当理解其并非旨在将本发明限制于这些实施例。相反地，本发明旨在涵盖可以被包括在由从属权利要求限定的本发明的精神和范围内的替换选择、修改和等同物。此外，在本发明的以下详细描述中，阐述许多特定细节以提供对本发明的彻底理解。然而，本领域的普通技术人员应当认识到本发明可以在没有这些特定细节的情况下被实施。在其他情况下，为了不必要的使本发明的方面晦涩，详细地描述了公知方法、程序、部件和电路。

参考图 1，在简单的实施例中，对于每个扫描帧或扫描体积，利用两个同时超声发射波束；在其他实施例中，更多的同时超声发射波束被利用并且将在下面被论述。图 1 显示了超声发射器/接收器 102，并且粗实箭头 106、112 对应于被定位成扫描人体组织的两个同时发射波束。围绕带有箭头 106、112 的这些粗线的实线 104、120、122、124 示出了大约 6dB 的能量波束宽度，其有效地限定对应于该轴向深度的发射波束的宽度（分辨率）。使用动态接收波束形成，由使用虚线的箭头示出的四个同时接收波束 108、110、114、116 被采集。图 1 包含针对每个发射波束 106、112 的两个接收波束 114、116、108、110。多个同时发射事件被激发以在整个 2D 图像上扫描，或者在体积的情况下，在体积的侧向和高程尺度上扫描。超声发射器 102 产生在正四十五度角的一个超声波束 106，和在负四十五度角的另一超声波束 112。

使用动态接收波束形成，接收波束 108 和 114 由超声发射器/接收器 102 采集或接收。然而，接收器 102 也接收作为返回波束或信号 114 的反射分量的波束或信号 116。信号 116 污染返回波束或信号 108。类似地，接收器 102 也接收作为返回信号 108 的反射分量的波束或信号 110。信号 110 污染

返回信号 114。返回信号 108 和 114 的这一交叉污染被称为交叉发射波束干涉，并且降低超声图像的对比度分辨率。

为了分别从返回信号 108 和 110 去除污染信号 114 和 116，根据下面所示的方程 A 和 B 将两个系数有限图像响应(FIR)应用于每个返回信号 108、110、114、116。

方程 A:  $((B3 + N1) + (B4 + (-N2))) / 2 = ((B3 + B4) / 2) + ((N1 - N2) / 2)$  = B3 和 B4 的平均值。

方程 B:  $((B1 + N3) - ((-B2) + N4)) / 2 = ((B1 - B2) / 2) - ((N3 - N4) / 2) = B1$  和 B2 的平均值。

其中，B1、B2、B3、B4 是发射波束而 N1、N2、N3、N4 是节点。

在诸如图 1 中所示的简单实施例中，我们可以假设每个发射波束有两个接收波束或信号，并且我们可以进一步假设当发射波束序列在视场上出现时，接收波束将重叠。下面的简表示出了简单实施例序列。

发射事件	发射 A	发射 A 极性	接收 X	接收 Y	发射 B	发射 B 极性	接收 U	接收 V
1	-44 度	+	-45 度	-43 度	0 度	+	-1 度	1 度
2	-42	-	-43	-41	2	+	3	1
3	-40	+	-41	-39	4	+	5	3
4	-38	-	-39	-37	6	+	7	5

图 2A 对应于该简表，示出了本发明的简单实施例。图 2A 示出了对应于发射波束 150、160 的向下实箭头，和对应于接收波束位置 165、168 的向上虚箭头。假设在左边的发射事件 150 在极性上切换，而在右边的发射事件 160 保持相同极性。

因此，在该简单实施例中，我们将仅仅具有在奇度值的往返重建波束（其对应于上面的例表）。仅仅关注“良好”或无污染能量的相长干涉产生以下方程：

$$RT_{43} = (+R_{43}X_{44} - -R_{43}X_{42}) / 2$$

$$RT_{-41} = (-R_{41}X_{-42} - +R_{41}X_{-40}) / 2$$

$$RT_{-39} = (+R_{39}X_{-40} - -R_{39}X_{-38}) / 2$$

其中：

$RT_{-43}$  是在-43 度的往返波束位置。

$R_{43}X_{-44}$  是与@-44 度的发射波束关联的在@-43 度的接收波束。

并且，同时解出与发射波束“B”关联的往返：

$$RT_1 = (+R_1X_0 + +R_1X_2) / 2$$

$$RT_3 = (+R_3X_2 + +R_3X_4) / 2$$

$$RT_5 = (+R_5X_4 + +R_5X_6) / 2$$

应当注意，与  $RT_{-43}$  关联的预期能量每隔一次发射波束在极性上进行发射切换 (+,-,+,-)。因此其方程中出现“减”号。相反地，相干地增加  $RT_1$  的能量的符号与总是具有相同极性的发射波束关联。因此相干累加需要接收波束被“累加”。

以上方程是实际情况的过度简化，原因是例如  $RT_{-43}$  的负度数往返波束也易于受到来自正度数发射事件的“有害”或污染能量，反之亦然。以下方程包括“有害 (BAD) ”能量的影响。

$$RT_{-43} = \{(+R_{-43}X_{-44} + BADR_{-43}X_1) - (-R_{-43}X_{-42} + BADR_{-43}X_3) \} / 2$$

重排该方程中的项得到：

$$RT_{-43} = \{(+R_{-43}X_{-44} + R_{-43}X_1) + (BADR_{-43}X_1 - BADR_{-43}X_3) \} / 2$$

方程的第一半部中的预期“良好”能量相干地增加，而来自方程的第二半部的“有害”能量适当地被破坏。对于其他“负”度数角这容易看到。

随着以上方程示出的技术也将适用于如下所示的正度数往返角。

$$RT_1 = \{(+R_1X_0 + BADR_1X_{-44}) + (+R_1X_2 - BADR_1X_{-42}) \} / 2$$

重排该方程中的项得到：

$$RT_1 = \{(+R_1X_0 + R_1X_2) + (BADR_1X_{-44} - BADR_1X_{-42}) \} / 2$$

再次可以看到来自相对侧发射波束的有害能量适当地被消除。

在更高级和优选的实施例中，将有针对每个发射事件的许多接收波束，并且在简单的正/负极性情况下，接收波束的跨度将彼此重叠百分之五十。图 2B 示出了每个发射波束有四个接收波束，其中，接收波束的跨度彼此重叠百分之五十。在图 2B 中，与图 2A 中相同，向下实箭头对应于发射波束

210、220，并且向上虚箭头对应于接收波束位置 230、240。与简单实施例相同，假设在左边的发射事件 210 在极性上切换，而在右边的发射事件 240 保持相同极性。

在图 2B 所示的实施例中，交叉波束抑制被减小，这是由于向正确往返波束位置“插值”需要使用诸如  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{4}$  的系数，这导致“良好”能量的正确放置，但是“有害”能量仅仅被减小 6dB（减小  $\frac{1}{2}$ ）。

在优选实施例中，我们将让每个发射波束具有八个或以上接收波束，并且重叠将为百分之七十五或以上。这在图 2C 中示出。圆形区域 250、260 示出了如何从对应于四个不同发射事件 212 的相同成角接收波束重建往返波束。由于往返波束将具有与它关联的四个不同系数，即，四分接口插值滤波器（four tap interpolation filter），抑制来自其他发射波束的“有害”能量的能力将被提高。

定义如何组合组 250 的接收波束的方程为：

$$RT_{250} = a*X_1R_7 - b*X_2R_5 + c*X_3R_3 - d*X_4R_1$$

对系数的一些约束条件将提高性能并获得预期结果。

约束条件#1：系数的总和应当等于一：

$$a + b + c + d = 1$$

这导致多个接收波束中的平均能量具有单位增益。

约束条件#2：系数应当被插值到 X2 与 X3 发射波束之间的位置，并且应当特别地被定位成更靠近 X2（其在图 2C 中被示意性地示出）。以方程形式对此进行描述得到：

$$1*a + 2*b + 3*c + 4*d = 2.25$$

应当注意 1、2、3、4 对应于发射波束 X1、X2、X3 和 X4 的空间位置，而值 2.25 对应于插值输出的预期位置。

约束条件#3：系数需要消除来自图 2C 中的组 260 的非切换极性发射波束的能量。这可以通过切换系数的极性并且保证它们总和为零而实现：

$$a - b + c - d = 0$$

满足以上约束条件的一个解为：

$$a = 0.025$$

$$b = 0.60$$

$$c = 0.475$$

$$d = -0.10$$

对于由 255 限定的接收线的组（在组 250 的右边），系数可以被交换，得到：

$$RT_{255} = d*X_1R_7 - c*X_2R_5 + b*X_3R_3 - a*X_4R_1$$

应当注意，交换系数将修改约束条件#2，使得结果输出波束将被插值到“2.75”（仍然在 X2 与 X3 之间，但是现在更靠近 X3）。

类似地，这些系数可以被应用于组 260 和 265（在 260 的右边）：

$$RT_{260} = a*X_{101}R_7 + b*X_{102}R_5 + c*X_{103}R_3 + d*X_{104}R_1$$

$$RT_{265} = d*X_{101}R_7 + c*X_{102}R_5 + b*X_{103}R_3 + a*X_{104}R_1$$

应当注意系数的符号的差异。

本领域的技术人员将显而易见，由 RT250、RT255、RT260 和 RT265 定义的往返波束将被精确地定位并且将抑制来自发射波束的“其他”组的泄漏能量。

本发明的另一实施例是它与在此引用作为参考的名称为“ULTRASONIC SYNTHETIC TRANSMIT FOCUSING WITH A MULTILINE BEAMFORMER”的美国临时专利申请 No. 60/747,148 结合使用。在该情况下，可以如下描述 RT260 往返波束：

$$RT_{260}(t) = a*X_1R_7(t-d_1) + b*X_2R_5(t-d_2) + c*X_3R_3(t-d_3) + d*X_4R_1(t-d_4)$$

在该方程中，“t”表示超声回波来自身体中的增加深度的持续时间，并且延迟 d1、d2、d3、d4 被计算以回溯地波束形成如以上临时专利申请中定义的发射波束。通过将约束条件#3 (a-b+c-d=0) 应用到以上  $RT_{260}(t)$  方程，可以获得的好处是提高发射聚焦和减小来自非期望发射波束的能量。

参考图 3，在一个实施例中，示出了包括发射角 302、304 和发射信号的极性 306、308 的超声发射事件 301（发射信号的实例）的表。对于发射器 204，发射角 302 以+2 度的增量从-45 度递增到-1 度，并且发射信号的极性 304 保持为负（即，同相）。对于发射器 202，发射角 306 以 2 度的增量从+1 度递增到+45 度，并且发射信号的极性 308 从正切换到负（即，反相 180 度），使得每隔一次信号发射与前一信号发射反相 180 度。

参考图 3 和 4, 针对每个发射器 202 和 204 重复先前描述的方法。例如, 发射器/接收器 202 发射在正一度角的波束 206a 并且发射器 204 同时发射在负四十五度角的波束 212a (步骤 402)。接收器 220 接收返回信号 208a 和反射信号 216a 并且接收器 222 接收返回信号 214a 和反射信号 210a (步骤 404)。发射器 202 接着发射在负三度角的波束 206b 并且发射器 204 同时发射在负四十三度角的波束 212b (步骤 406)。接收器 220 接收返回信号 208b 和反射信号 216b 并且接收器 222 接收返回信号 214b 和反射信号 210b (步骤 408)。诸如计算机的数据处理单元执行信号平均算法以确定返回信号 208a 与 208b 和返回信号 214a 与 214b 的平均值 (步骤 410)。

接着, 发射器 202 发射在正五度角的第三波束并且发射器 204 同时发射在负四十一度角的第三波束 (步骤 412)。接收器 220 接收第三返回信号和第三反射信号, 并且接收器 222 也接收第三返回信号和第三反射信号 (步骤 414)。数据处理单元再次执行信号平均算法以确定返回信号 208b 与第三返回信号的平均值, 和返回信号 214b 与另一第三返回信号的平均值 (步骤 412)。该步骤序列重复直到预期组织区域 (未显示) 被扫描。

前述实施例全部涉及两个同时发射波束, 使得波束的一个序列保持正常极性, 而第二组发射波束在极性上切换。本发明的一个方面是支持两个以上发射波束, 使得对于任何指定发射波束序列, 来自所有其他发射的能量被减小。以下例子将示范同时四个波束序列。四个同时发射波束 510 可以共面以用于扫描 2D 图像, 如图 5A 中所示, 或者它们可以不共面 520, 以用于扫描体积, 如图 5B 中所示。为了发射不共面发射波束, 使用元件 530 的 2D 矩阵换能器, 如图 5B 中所示。应当注意以下例子同时适用于共面和不共面的情况。“有害”能量的抑制在时域中发生, 因此交叉污染发射波束在空间中位于什么地方并不重要。

在一个实施例中, 假设有四个波束序列, 被称为 Xa、Xb、Xc 和 Xd。每个波束将覆盖扫描区域的不同部分。此外, 每个波束将行进通过四个不同发射波形。

对于图 6A 中所示的 Xa, 发射波形将是相同的。这些可以被表达为:

$$Xa(t, n=1) = \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$Xa(t, n=2) = \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_a(t, n=3) = \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_a(t, n=4) = \cos(2\pi f t) * w(t)$$

应当注意，“t”表示时间，“n”表示发射事件，“f”表示额定发射频率（例如 5.0 MHz），以及“w(t)”表示时间窗口函数。对于图 6a、6b、6c 和 6d 中的例子，w(t) 可以是矩形窗口函数，其仅仅在 -0.4 到 +0.4 微秒时是开启的 (=1)。在 5 MHz，这将导致仅仅具有四个周期的发射波形。假设 w(t) 对于所有发射序列 (Xa、Xb、Xc 和 Xd) 是相同的。此外，假设该四波形序列将重复，使得第五波形将使用波形#1：Xa(t, n=5) = Xa(t, n=1)。

同样，对于图 6B 中所示的 Xb，发射波形将使用先前的方法，其中，每隔一次发射极性切换。这可以表达为：

$$X_b(t, n=1) = + \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_b(t, n=2) = - \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_b(t, n=3) = + \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_b(t, n=4) = - \cos(2\pi f t) * w(t)$$

然而，对于 Xc (和 Xd)，需要可以被唯一区分的又一序列。在该情况下，可以超前（或滞后）发射波形的“相位”。如图 6C 中所示的使用超前相位项的 Xc 可以表达为：

$$X_c(t, n=1) = + \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_c(t, n=2) = + \sin(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_c(t, n=3) = - \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_c(t, n=4) = - \sin(2\pi f t) * w(t)$$

并且对于如图 6D 中可见的使用滞后相位项的 Xd，表达式为：

$$X_d(t, n=1) = + \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_d(t, n=2) = - \sin(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_d(t, n=3) = - \cos(2\pi f t) * w(t)$$

$$X_d(t, n=4) = + \sin(2\pi f t) * w(t)$$

为了示出该特定实施例，四个发射波束序列中的每一个每次发射将同时接收四个波束，如图 7 中所示。下方程对应于发射 Xa 的接收线的包围组：

$$RT_{XA@2.5} = a * X_{A1}R_4 + b * X_{A2}R_3 + c * X_{A3}R_2 + d * X_{A4}R_1$$

由于有比现有实施例中更多的同时发射波束，对 a、b、c、d 系数的选择将有一些附加约束条件。

约束条件 1:  $a + b + c + d = 1$  累加来自  $X_a$  的相关能量

约束条件 2:  $a - b + c - d = 0$  抑制来自  $X_b$  的能量

约束条件 3:  $a + jb - c - jd = 0$  抑制来自  $X_c$  的能量

约束条件 4:  $a - jb - c + jd = 0$  抑制来自  $X_d$  的能量

应当注意，“j”表示-1 平方根的虚部，并且对应于与发射  $X_c$  和  $X_d$  相关的 90 度相移。

求解 a、b、c、d 得到非常简单的结果：

$$a = b = c = d = 0.25$$

对于本领域的计算人员来说，得到其他发射  $X_b$ 、 $X_c$  和  $X_d$  的系数的类似集合将是简单的。

图 5B 示出了使用 2D 矩阵换能器 530 使用四个同时发射波束扫描体积。在矩阵换能器上，期望使用全采样孔（所有元件电活性）提高图像质量和灵敏度。这与仅仅连接少量元件的稀疏阵列形成对比。可以通过使用定位在矩阵换能器的外壳中的微波束形成器获得全采样阵列。参见在此处引用作为参考的美国专利 5,997,479 和 6,126,602。每个微波束形成器将适当地波束形成被称为面元的元件的小子集。如本领域的技术人员目前已知的，微波束形成器的使用将与同时发射波束和与本发明不相容。这是因为元件的每个面元或组在发射和接收时被限制到单一转向角。并且，本发明中的暗示是使用可以空间分离并且非共同定位的多个发射。

因此，本发明的另一个创造性方面是允许同时发射波束与使用微波束形成器的矩阵换能器一起使用。一个创造性元件重复微波束形成器电子装置，每个同时发射波束用一个。例如，在两个波束同时被发射的情况下，每个面元（每个元件组）将有两个微波束形成器。每个微波束形成器将产生不同发射波场，将与来自与单一面元相关联的其他微波束形成器的发射波场组合，将被放大，并且将驱动面元元件将声波发送到身体中（参见图 8A）。另外，在接收时，共用面元元件将把返回声波转换成电信号，将被放大，并且将被发送到 N 个不同的微波束形成器。每个波束形成器然后将对沿着与发射期间使用的方向关联的方向的返回斑块回波进行延迟和累加

(参见图 8b)。在一般情况下，“N”个同时发射波束探视方向将需要“N”个微波束形成器。

在所有前述实施例中暗示了它们被设计用于黑白灰度级成像的“基本”模式中。基本模式是发射频率与接收频率相同。有另一操作模式，被称为组织谐波成像 (THI)，其在诊断超声的当前临床实践中是很常见的。在 THI 中，在发射波形的发射和传播期间生成谐波频率。这些谐波（常常是二次谐波）然后在接收时使用带通滤波器选择性地隔离。例如，发射波形可以以 2.5 MHz 为中心，而接收滤波器被设置为 5.0 MHz 以选择性地接收预期二次谐波。

在 THI 中，为了如本发明中所述抑制来自同时发射的交叉波束污染，需要以这样的方式控制发射使得在接收时观察到预期相位关系。例如，在 2x 多波束发射实施例中，期望波束的第一序列具有共同的接收相位，而第二组波束每隔一次发射使接收信号的极性切换 180 度。为了在接收谐波上获得该 180 度切换，该序列的发射需要在 0 和 90 度之间切换。换句话说，发射序列将在窗口余弦脉冲串和窗口正弦脉冲串之间切换。在 4x 多波束发射实施例中，各种发射序列将需要超前（或滞后）45 度以在接收时获得预期 90 度相移（对于二次谐波）。

本领域的技术人员将会知道，发射相移将大约为在接收时观察到的预期相移的  $1/H$ ，其中，“H”表示接收谐波。本领域技术人员也知道该相位关系并不总是正好的，而是需要基于经验测量精细地调整。

在优选实施例中，数据处理单元可以是 FPGA（场可编程门阵列），或 ASIC（特定用途集成电路）。处理也可以使用 DSP（数字信号处理单元）或其他计算单元执行。在优选实施例中，两个发射器/接收器与在零和 180 度相位之间切换的发射波束一起使用。在其他实施例中，三个或以上超声发射器用于在 0、90、180、和 270 度相位发射的发射波束。在又一实施例中，一个波束将总是同相（零度），一个波束将超前+90 增量，一个波束将超前-90 增量，且一个波束将在 0 和 180 度之间切换。

本领域的普通技术人员可以想到在此处描述的变化、修改和其他实现方式而不脱离本发明的精神和范围。因此，本发明并不仅仅由前面的示例性描述限定。

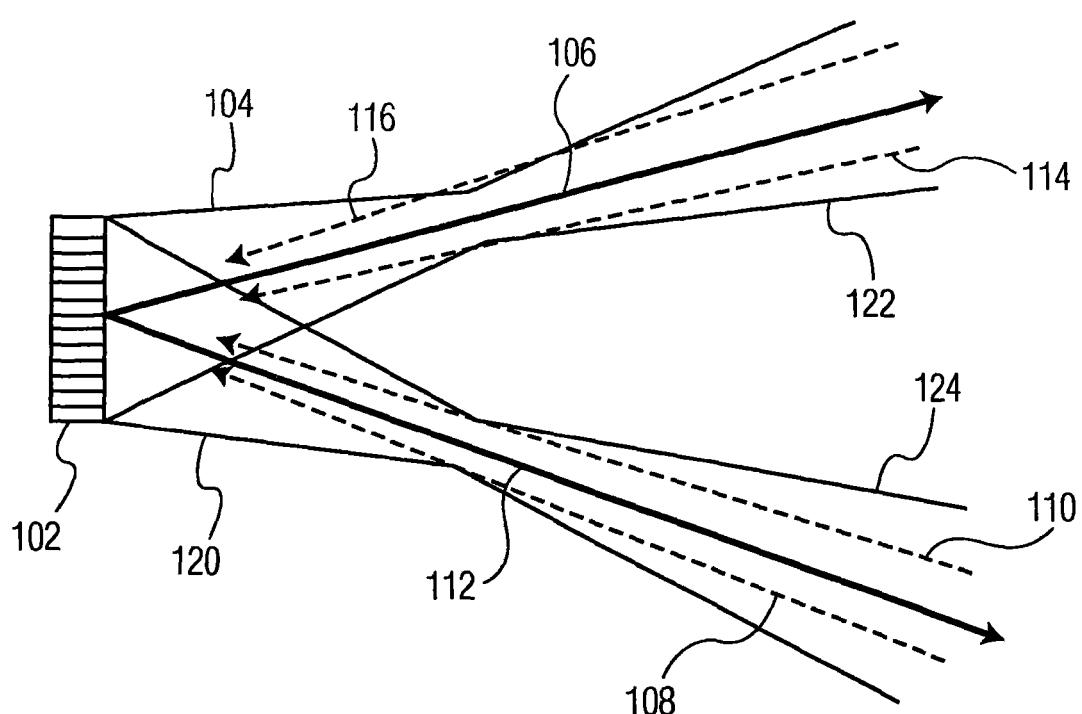


图 1

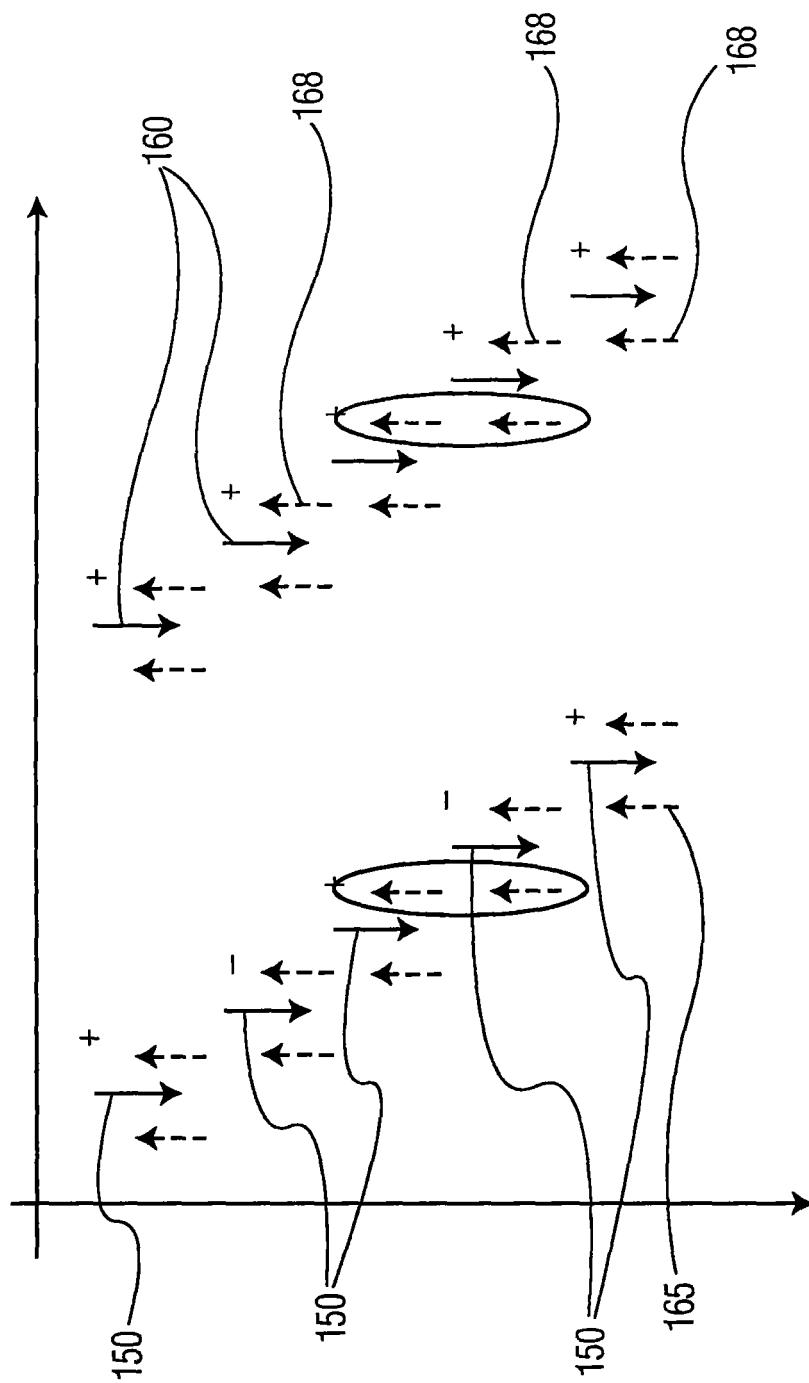


图2A

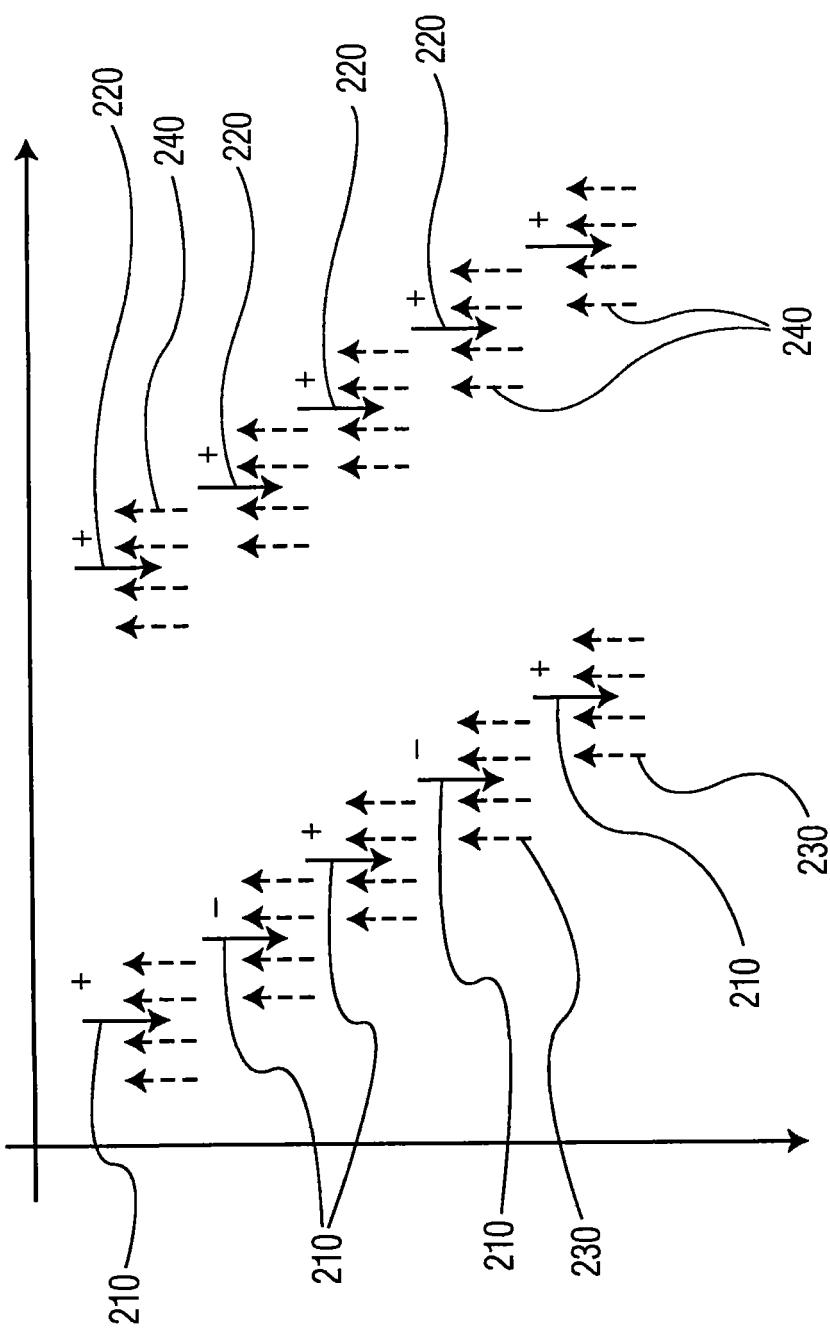


图 2B

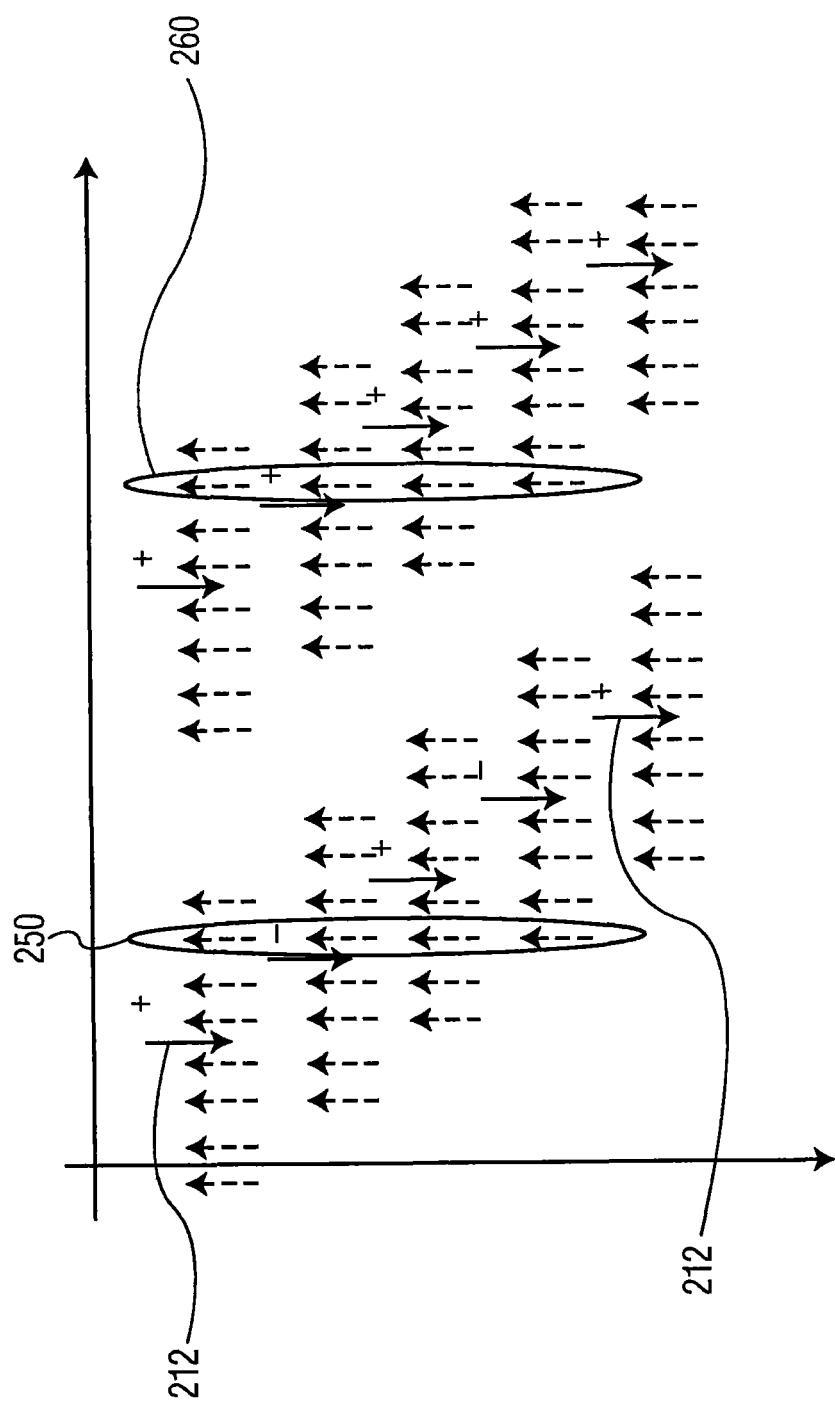


图2C

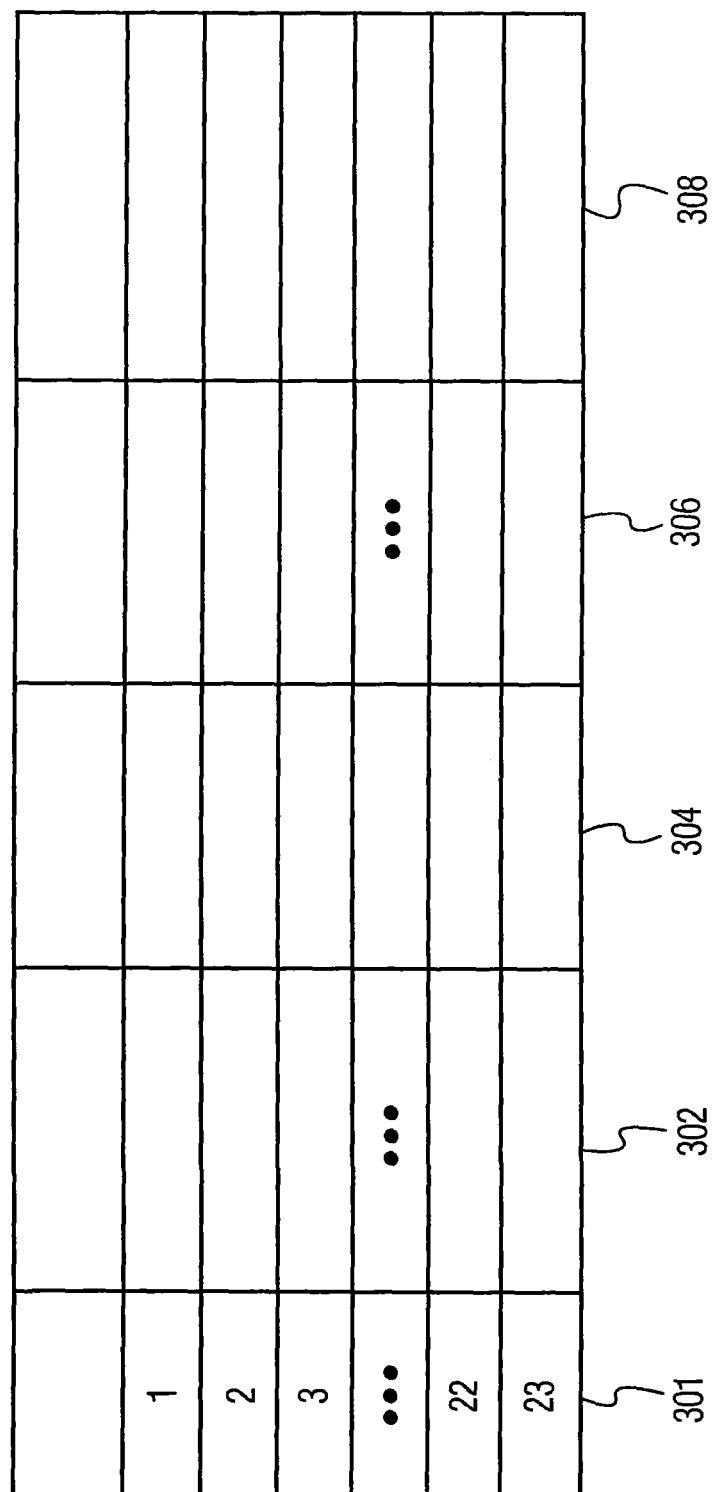


图3

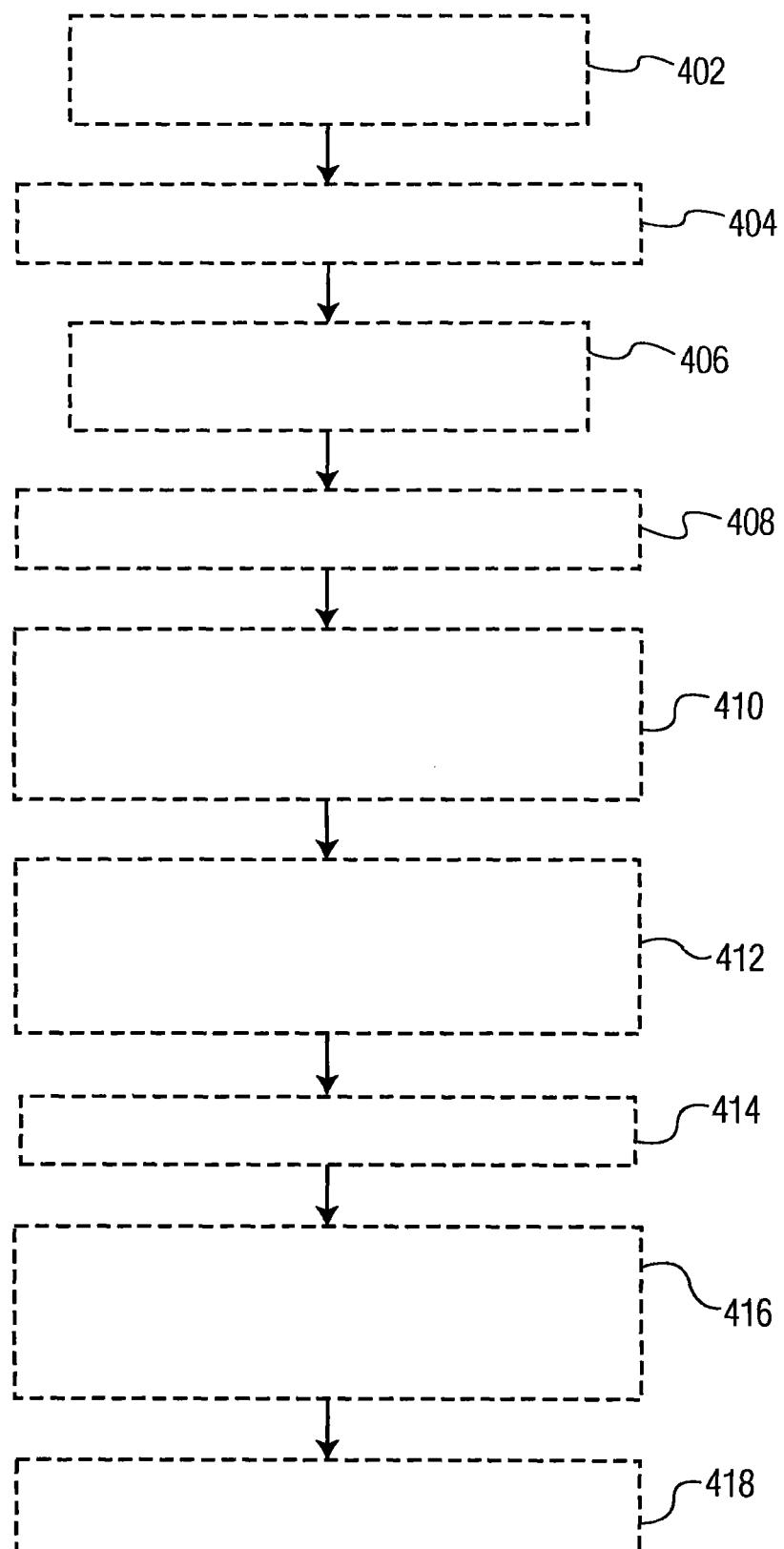


图4

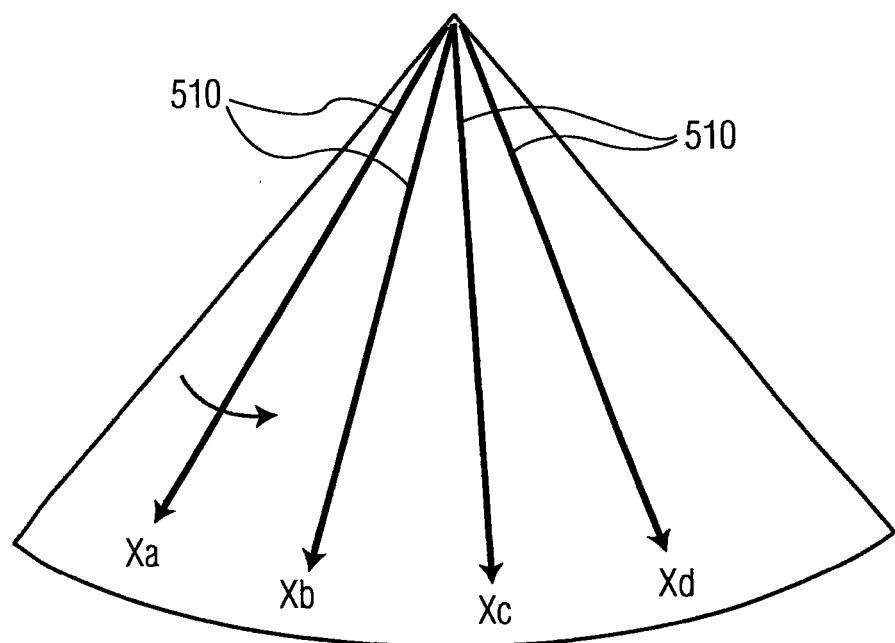


图5A

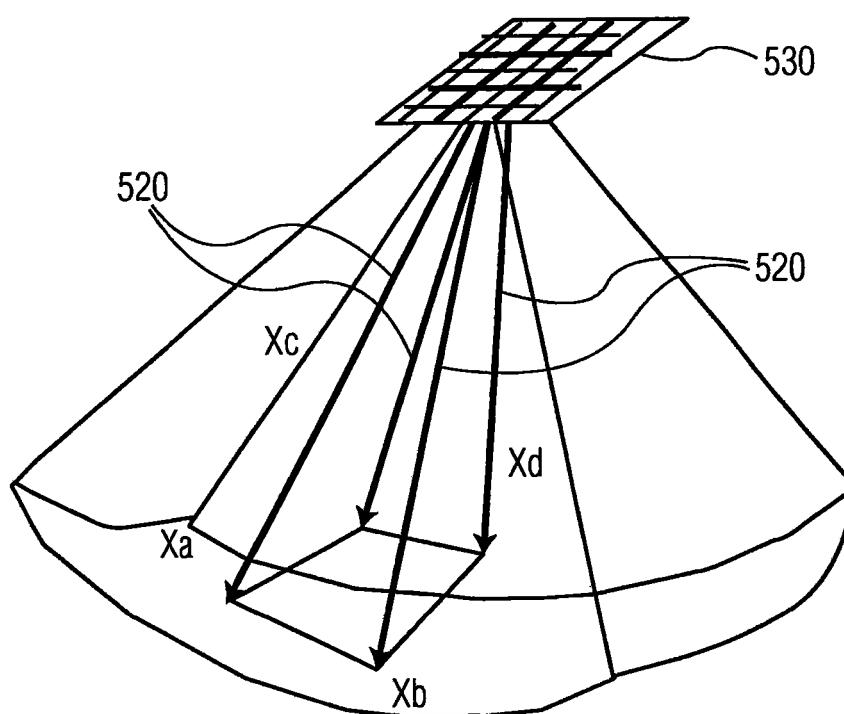


图5B

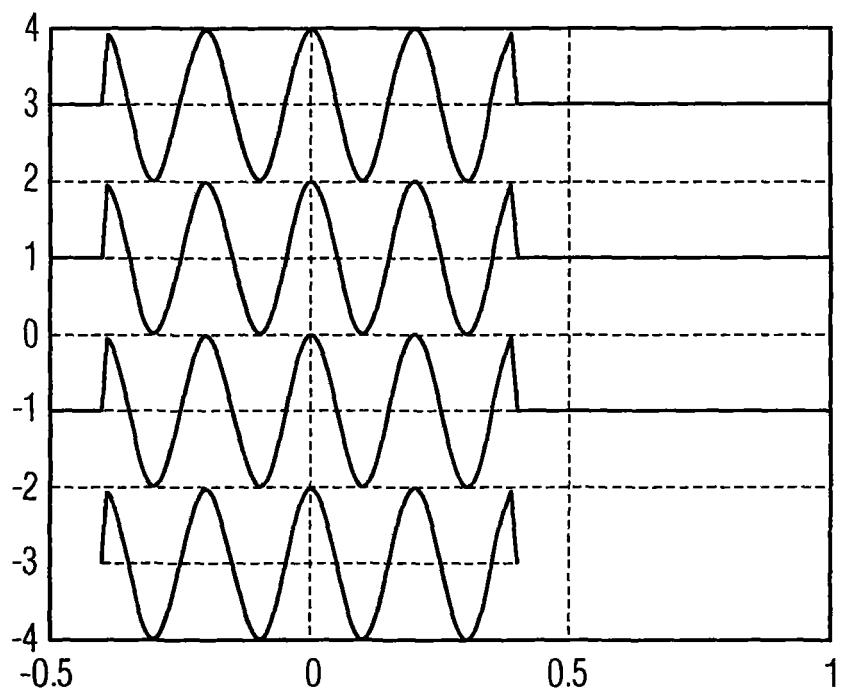


图 6A

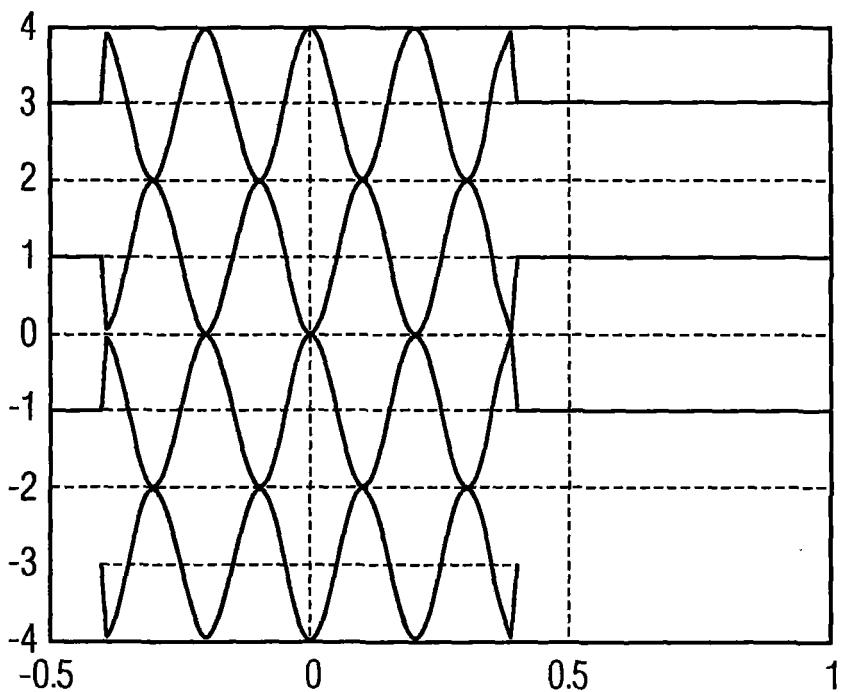


图 6B

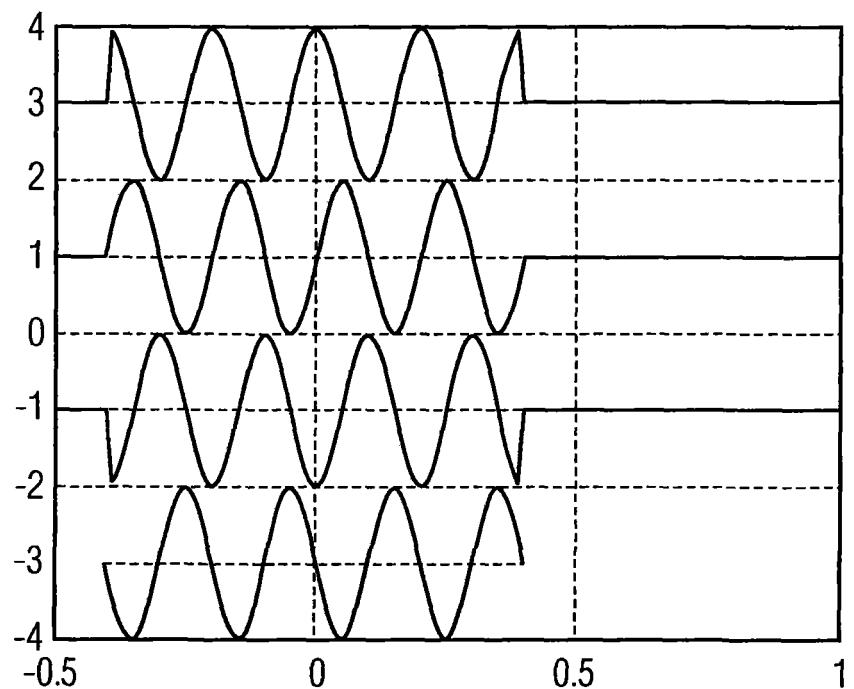


图 6C

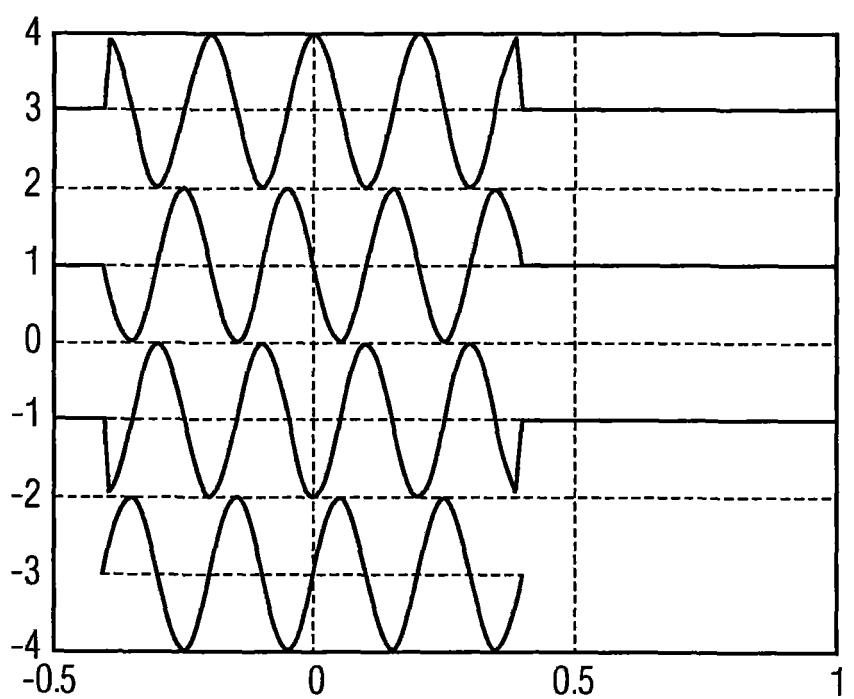
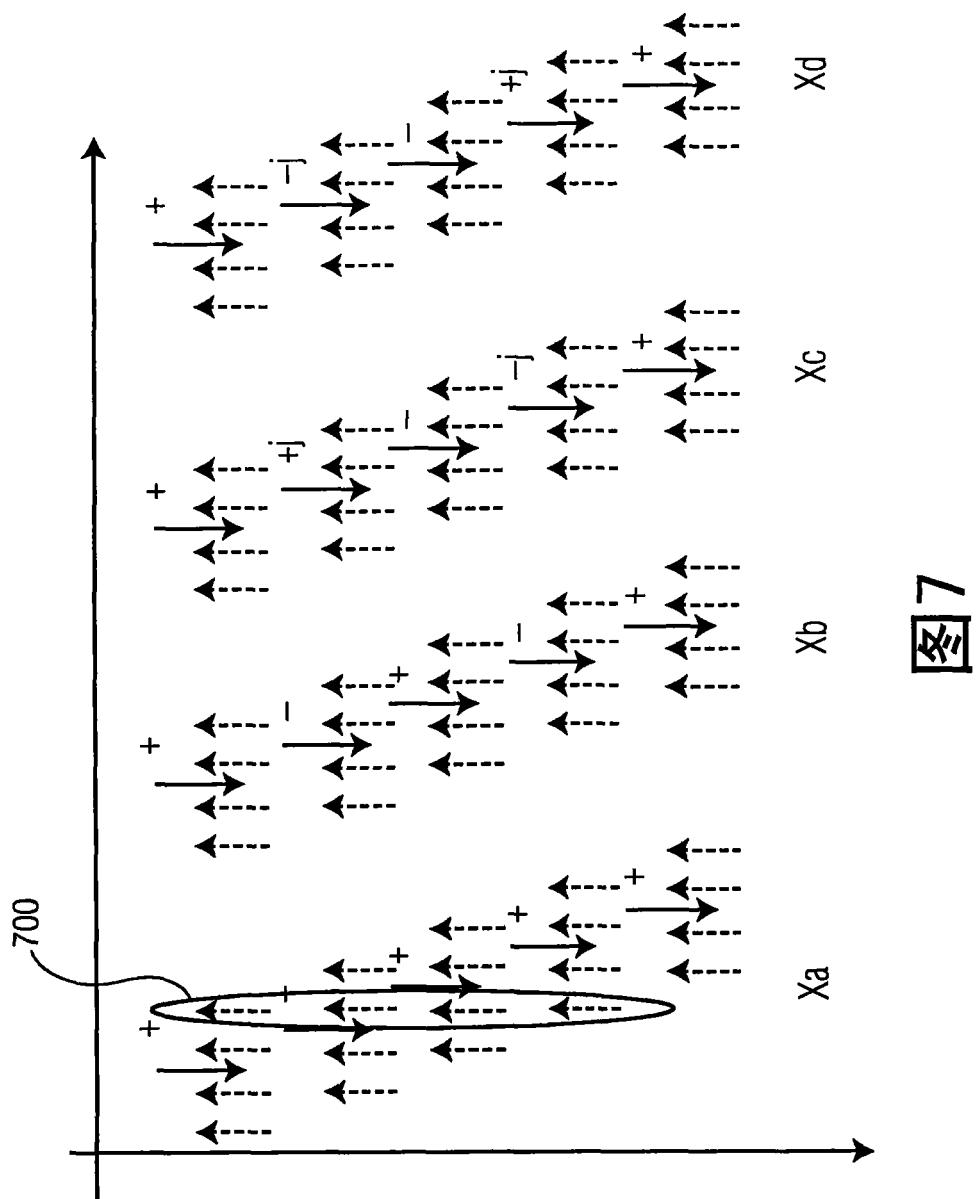


图 6D



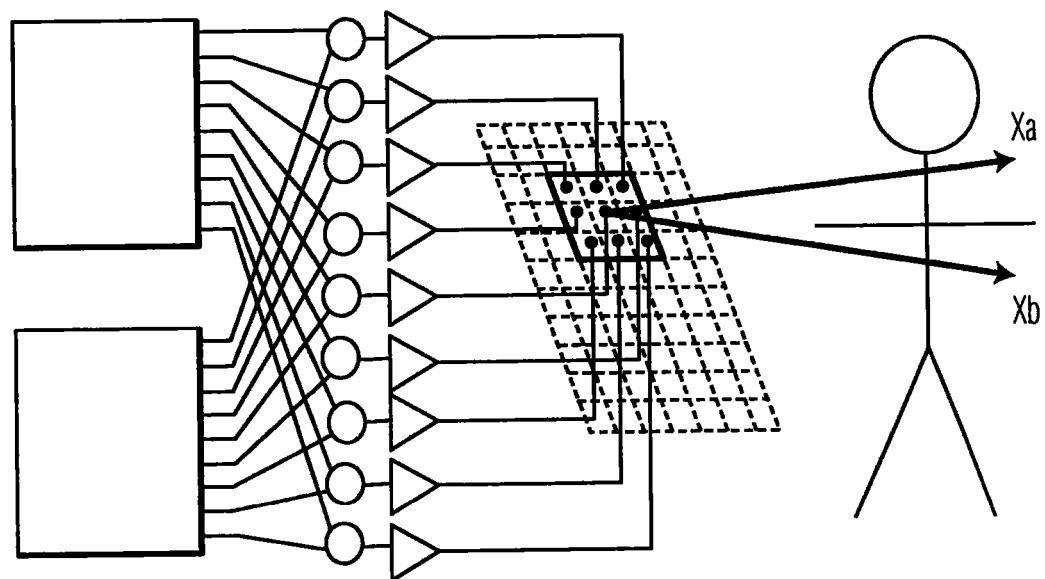


图8A

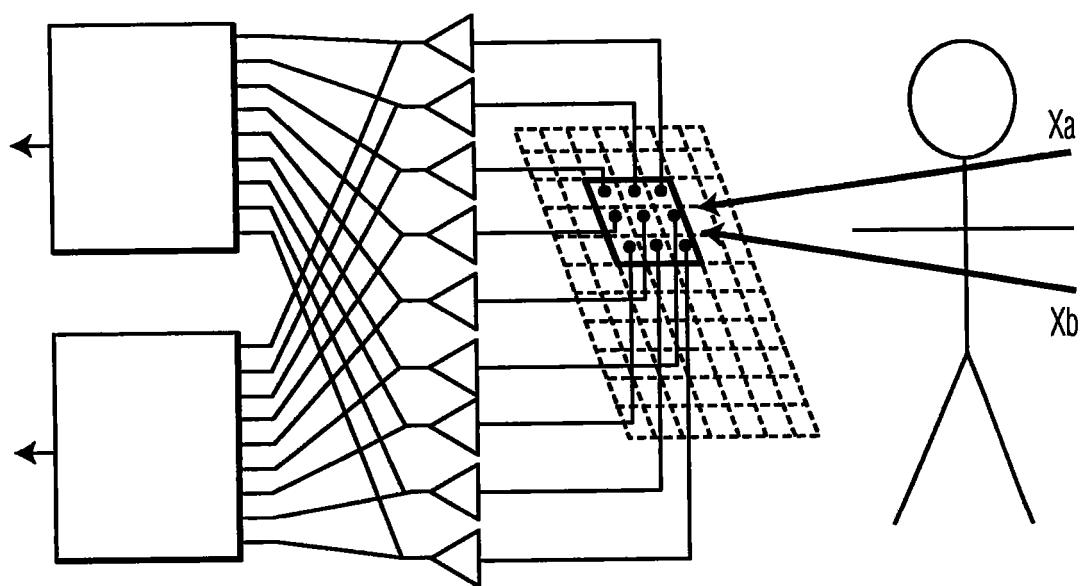


图8B

专利名称(译)	多波束发射隔离		
公开(公告)号	<a href="#">CN101568304A</a>	公开(公告)日	2009-10-28
申请号	CN200780046927.7	申请日	2007-12-19
[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)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
[标]发明人	KE蒂勒		
发明人	K·E·蒂勒		
IPC分类号	A61B8/00 G01N29/07 G01N29/46		
CPC分类号	G01S7/5208 G01S7/5209 G01S7/52095 G01S15/8927 G01S15/8925 G01S7/52093 G01S7/52077		
代理人(译)	王英 刘炳胜		
优先权	60/871014 2006-12-20 US		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>	<a href="#">Sipo</a>	

### 摘要(译)

一种用于在多波束系统中隔离超声发射波束和减小交叉发射波束干涉的方法包括发射在第一和第二正角的第一超声波束和发射在第一和第二负角的第二超声波束。该方法还涉及接收第一、第二、第三和第四复合信号，其中，每个复合信号包括返回信号和反射分量。该方法还包括将有限脉冲响应滤波器应用于第一和第三复合信号以及第二和第四复合信号以获得第一与第二复合信号的平均值和第二与第四复合信号的平均值并且去除反射分量。

