



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101442939 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 30

(21) 申请号 200780017122. X

(22) 申请日 2007. 04. 17

(30) 优先权数据

60/747, 148 2006. 05. 12 US

60/911, 343 2007. 04. 12 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 11. 11

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/066758 2007. 04. 17

(87) PCT申请的公布数据

W02007/133882 EN 2007. 11. 22

(73) 专利权人 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 M·伯切 J·罗贝尔

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英

(51) Int. Cl.

A61B 8/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1342442 A, 2002. 04. 03, 说明书第 2 页第 8 段 - 第 7 页倒数第 3 段、图 1-6.

US 2003/0187353 A1, 2003. 10. 02, 全文.

CN 2387863 Y, 2000. 07. 19, 说明书第 3 页第 3-4 段、图 1.

CN 1342442 A, 2002. 04. 03, 说明书第 2 页第 8 段 - 第 7 页倒数第 3 段、图 1-6.

US 2006/0074309 A1, 2006. 04. 06, 全文.

审查员 黄曦

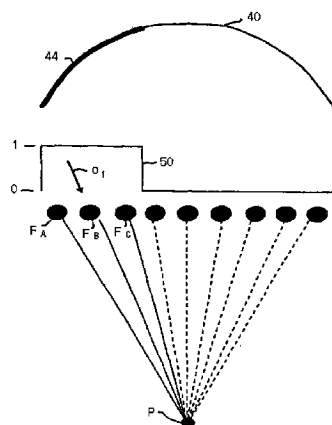
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

用于空间复合的回顾性动态发射聚焦

(57) 摘要

一种超声诊断成像系统发射与换能器孔径垂直的多个聚焦波束并接收响应于每个发射波束的多个接收线。通过变迹来定义换能器孔径的子孔径, 并且将子孔径的信号对准并进行组合以产生展现出相对于子孔径以不同角度引导的发射的作用的信号。检测所引导的信号并将涉及到像场中公共点的检测信号进行组合。利用所组合的检测信号来产生具有缩减散斑的超声图像。



1. 一种产生具有缩减的散斑伪影的超声图像的方法,包括:  
在像场上沿给定方向发射聚焦波束;  
接收响应于每个发射波束而形成的多个多线回波信号;  
通过为所引导波束定义不同的子孔径来处理所述多线回波信号以产生所引导波束信号,这些所引导波束信号展现出在所述像场上沿多个方向聚焦的发射波束的作用;  
检测所述所引导波束信号;并且  
将检测到的所引导波束信号进行组合,这些所引导波束信号对应于所述像场中的公共点。
2. 如权利要求 1 所述的方法,还包括显示所组合的检测到的所引导波束信号的图像。
3. 如权利要求 2 所述的方法,还包括处理所述多线回波信号以产生所引导波束信号,这些所引导波束信号展现出在多个方向上聚焦的发射波束对发射和接收的作用。
4. 如权利要求 1 所述的方法,其中,定义不同的子孔径的步骤还包括使接收到的多线回波信号变迹。
5. 如权利要求 4 所述的方法,其中,产生所引导波束信号的步骤还包括将接收到的多线回波信号对准并进行组合。
6. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述给定方向还包括垂直于换能器阵列平面的方向,其中,所述多个方向中的一个所述给定方向。
7. 如权利要求 6 所述的方法,其中,接收多个多线回波信号的步骤还包括接收在所述给定方向上的多个多线回波信号。
8. 如权利要求 6 所述的方法,其中,接收多个多线回波信号的步骤还包括接收在所述多个方向上引导的多个多线回波信号。

## 用于空间复合的回顾性动态发射聚焦

[0001] 本发明涉及医疗诊断超声系统,并具体涉及使用回顾性动态发射聚焦以执行空间复合的超声系统。

[0002] 合成聚焦的原理已经成为大量研究的主题,通过合成聚焦在像场中的每个点上聚焦超声图像。例如,美国专利 4,604,697 (Luthra 等人)描述了一种合成聚焦技术,其中从超声换能器阵列的每个元件按顺序发射超声脉冲。由阵列的所有元件接收从每次发射接收到的回波信号并存储这些回波信号。在已经接收到所有信号后,通过获知每个换能器元件相对于图像中的每个点的位置以及超声信号去到每个点并返回的飞行时间,可以在像场中的每个点处形成聚焦回波信号。将适当的接收信号进行组合以便针对图像中的每个点形成相干回波信号。对用来形成每个点的存储数据值的选择为图像中的每个点提供了波束形成。虽然这一方法将在像场中的每一点处产生聚焦信号,但其存在几个缺点。缺点之一是必须存储来自整个像场的射频信号以便进行处理。这需要巨大的信息存储量。缺点之二在于需要巨大的处理量以便为图像中的每个点选择数据并对数据加权,然后将适当加权的数据进行组合以计算图像数据点。缺点之三在于这一方法仅对浅的穿透深度有效,因为由单个换能器元件发射的能量是有限的。

[0003] 利用合成聚焦基本原理的一个具体应用是传统的延迟相加 (delay-and-sum) 接收波束形成器,其中应用于来自每个接收元件的信号延迟等效于合成聚焦技术中的数据选择。传统的波束形成器是这些原理的有限应用,因为它发射聚焦到特定聚焦区域的发射波束并仅沿这一单一发射波束的方向动态聚焦回波。因此需要多重发射来扫描整个像场。由此产生的功效在于不需要为到图像中每个点的所有发射存储数据;立即处理从发射接收到的数据以形成沿波束方向的相干回波信号。局限性在于每个接收到的波束仅聚焦发射到所选择的聚焦区域。但是更大深度处的信噪比得以改进,因为启动了多个换能器元件以发射波束,使得能够获得合理的穿透。

[0004] 美国专利 6,231,511 (Bae 等人)以及 Bae 等人后来在 IEEE Trans. UFFC 第 47 卷第 6 期 (2000 年)第 1510 页及以后发表的题目为“A Study of Synthetic-Aperture Imaging with Virtual Source Elements in B-Mode Ultrasound Imaging Systems”的论文提出将标准聚焦波束形成器和合成聚焦的方面进行组合以改进传统聚焦区域之外的横向分辨率,并因此在像场中所有点处实现发射聚焦的效果。这一方法的前提是基于在标准发射波束的焦点处的“虚拟源元件”的假设,该“虚拟源元件”从这一“虚拟源”不仅向外而且向内辐射能量。在发射了标准发射聚焦波束之后,通过该接收孔径的换能器元件接收能量并存储能量。在整个像场已被扫描之后,根据由每个虚拟源场的元件接收的信号来计算每个点处的回波信号,该虚拟源场包围场中的该点。焦点处的像点将仅根据一个波束成像,因为虚拟源模型是绕发射焦点呈沙漏形的场,但是除焦点外更深的点则根据所接收的很多扫描线信号进行计算。据称该结果是显示了从发射焦点起向外和向内的点处的改进横向分辨率的图像。但是和上述基本合成孔径方法类似,必须存储巨大量的数据以便在每个接收孔径中处理来自每个元件的射频信号。另外据称得到的图像在焦点周围显得更暗,因为仅有一个发射和接收对该像点及其分辨率有贡献,而多重发射和接收对除发射焦点外的其他点有贡献。因此

希望至少在图像的重要部分上实现发射聚焦,而不需要存储巨大量的射频数据。

[0005] 在本发明人以前提出的专利申请“ULTRASONIC SYNTHETIC TRANSMIT FOCUSING WITH A MULTILINE BEAMFORMER”中,描述了一种诊断超声系统和方法,其在显著的场深度上实现发射聚焦而不需要存储射频信号数据。利用多线获取来获得响应于发射波束的多个接收扫描线,并且延迟和组合从像场中的点的声穿透接收的回波数据以回顾性地产生贯穿于像场发射聚焦的波束的效果。希望扩展这些原理以便缩减回顾性发射聚焦图像中的散斑伪影。用于缩减散斑的一种技术被称为空间复合,通过这一技术从不同的观察方向(孔径)声穿透像场中的点。从每个观察方向看到的像场具有与其他观察方向不相关的独特散斑图案,从而当将像点的不同视图进行组合时,净散斑伪影被缩减。可能希望对回顾性发射聚焦图像执行具有比传统空间复合更高功效的空间复合。

[0006] 根据本发明的原理,利用多线获取来获得来自像场的图像数据。在典型的实现方式中,通过垂直于换能器阵列平面发射波束来获得这种多线数据。对由换能器阵列的不同子孔径接收的回波数据施加延迟以产生回波信号,这些回波信号有效地从不同的观察方向引导到像场中的同一点。对图像中各点的回波信号进行组合以缩减散斑。本发明的一个实现方式可以产生空间复合的好处而不需要沿多个观察方向发射波束,由此增大空间复合图像的帧频。

[0007] 在附图中:

[0008] 图 1A-图 1C 举例说明了本发明的三波束示例的波束轮廓;

[0009] 图 2A-图 2D 举例说明了从虚拟换能器的视角的图像中的点的信号的发展;

[0010] 图 3A 和图 3B 举例说明了根据本发明的原理通过回顾性变迹(apodization)和延迟引导来对图像中的点进行波束引导;

[0011] 图 4A-图 4D 举例说明了来自不同配置子孔径的不同波束角度的引导;

[0012] 图 5 以框图的形式举例说明了根据本发明原理构建的超声系统;

[0013] 图 6A 和图 6B 举例说明了在接收时已被引导和未被引导的多线延迟轮廓。

[0014] 首先参考图 1A-图 1C,显示了针对发射三个发射波束的重叠波束轮廓,在每种情况下紧跟着接收来自每个发射波束的三个波束。图 1A 显示了在低于波束中心处的强度峰值的恒定等级上的发射波束轮廓 10,该波束由发射该波束的换能器阵列 8 发射并且从换能器阵列 8 延伸。发射波束轮廓水平由设计者选择,并可以是 3dB、6dB、20dB 或低于波束中心处最大强度的一些其他等级。可以看出波束轮廓通过传统发射聚焦在波束轮廓最窄宽度处的焦点 12 附近聚焦。波束 20 的正交视图显示在换能器阵列 8 之下,可以看出该正交视图包括中心波瓣 20a 和位于主波瓣 20a 每一侧的副瓣。所发射的波束在聚焦区域 12 处达到其最密的聚焦且在此之后发散。在其他实现方式中可以利用发散的发射波束。

[0015] 发射具有包围多条接收线 14、16 和 18 的宽度的发射波束 10、20。一般通过从更小的发射孔径进行发射来产生更宽的波束。换句话说,启动阵列 8 的更少数量的元件而不是横跨阵列的全部数量的元件以发射波束。沿三个接收线位置 14、16 和 18 接收和聚焦随后的发射回波。如下所述,以三种不同的方式延迟相加由接收孔径的换能器元件接收的回波以便响应于一个发射波束而在不同线位置 14、16 和 18 处形成多条线。在这一示例中,在发射波束 10、20 的中心向下接收到接收线 14,并且使接收线 14 和 18 横向引导和聚焦以便在中心线的任一侧进行接收。在这一示例中,仅外部线 14 和 18 的近场和远场部分处于发射

波束轮廓 10 之内。在这些区域中从中心线位置两侧上的发射能量中接收外部线 14 和 18，从而在中心线位置两侧对像场中的对象进行取样，并因此有效利用发射波束在近场和远场的横向扩散能量以用于图像接收和分辨。

[0016] 在图 1B 中，通过将发射孔径向右转移一个接收线的间隔而发射第二波束。该第二发射波束具有与第一发射波束相同的波束轮廓并且由波束轮廓曲线 10' 勾画出轮廓。正如第一波束的情况，响应于接收线位置 16'、18' 和 22 处的第二发射而同步接收三条接收线并将其形成波束。结果，使接收线 16' 与来自第一发射的接收线 16 对准，使接收线 18' 与来自第一发射的接收线 18 对准，并且使接收线 22 位于第二发射的中心线 18' 的右侧。与第一组接收线类似，存储第二组接收多线 16'、18' 和 22 以用于后续处理。

[0017] 在图 1C 中，从再次向右转移一个接收线的间隔的中心孔径位置发射第三波束。这一发射波束由波束轮廓 10'' 勾画出轮廓且紧随这一发射同步接收三条接收线 18''、22' 和 24。类似于以前的接收线，这三条接收线全部或部分处于它们的发射波束的波束轮廓内并具有与前述波束线相同的间隔。结果，接收线 18'' 与第二发射的接收线 18' 和第一发射的接收线 18 轴向对准，而接收线 22' 与第二发射的接收线 22 轴向对准。现在通过接收线 18、18' 和 18'' 对三条接收线路径中的对象进行取样，每个取样是通过各自不同的发射波束实现的。如下所述地将这些同轴对准的波束进行组合以沿着线产生一行图像数据，该线在比任何单独线的情况更大的场深度上聚焦，从而产生延伸的发射聚焦效果。该聚焦将在更大的场深度上有效，因为将来自三个波束发射的回波能量进行了组合以产生合成的图像数据。

[0018] 在回顾性发射聚焦的这一示例中，以这种方式横跨像场连续进行发射和接收，直到已经扫描了全部像场。每次获得了针对给定线位置的最大数量（本示例中为三条）的接收线后，共同处理这些接收线以便在该位置产生图像数据的回顾性发射聚焦线。因此不需要存储来自任何发射的预先相加的射频数据，因为当其被接收时所接收的射频信号被波束形成 (beamformed) 为多条线，且仅存在有限的需要来存储线位置处的以前的线，直到已经获得该位置处的所有接收线，这时可以处理它们并清空线存储器以存储后续的线。

[0019] 可以使用更高数量的同步接收线，例如 8 条、12 条或 16 条间隔开的同步接收线，对此应该使用更低的发射数量  $F$  以声穿透接收线位置的更大范围。我们前述的以前提交的序列号为 60/747,148 的专利申请中描述了回顾性动态发射聚焦的其他示例，将该专利申请的内容合并于此。

[0020] 可以使用由 Passman 和 Ermert 在 1996 年提出的虚拟换能器近似方法来分析回顾性动态发射聚焦的效果。参见 C. Passmann & H. Ermert, "A100-MHz ultrasound imaging system for dermatologic and ophthalmologic diagnostics", IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, vol. 43, no. 4, pp. 545-52 (1996)。这一提议认为可以将发射波束的焦点视为声穿透波束轮廓内像场中每一点的虚拟换能器。在图 2A 中示出了这一提议的一个示例，其显示出发射波束的换能器阵列 8，该波束聚焦到焦点  $F_1$ 。用线 31-34 定义会聚到这一焦点并在此之后发散的发射波束的波束轮廓。发射波束将以声速经过已知的时间量会聚到焦点  $F_1$ 。在此之后，随着波束的波前 (wavefront) 球状发散，波前需要时间量  $t_p$  来声穿透像场中的点 P。在介质中的声速已知的情况下，可以计算出时间  $t_p$  和总的发射时间。

[0021] 在图 2B 中,从换能器阵列 8 发射出很多发射波束,这些波束具有示为  $F_1$ - $F_4$  的焦点。在图 2B 中也描绘了这些发射波束的波束轮廓。在这一示例中可以看出,聚焦到焦点  $F_1$ - $F_3$  的波束声穿透(在波束轮廓内)点 P,而聚焦到焦点  $F_4$  的第四波束未声穿透点 P,因为点 P 在该第四波束的波束轮廓 35-38 之外。因此,如图 2C 所示,来自声穿透点 P 的前三个发射波束的回波的贡献可以相干地组合以在点 P 处产生有效的聚焦信号。利用虚拟换能器分析,可以计算出波前从每个虚拟换能器焦点  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_3$  传播到声穿透点 P 时所需的时间,然后使该时间与延迟相等,从而相干地构造性地将回波进行组合以形成聚焦到点 P 并从点 P 返回的有效信号。如图 2B 所示,可以沿整条接收线 L 找到来自发射聚焦的这些回波。在图 2D 中举例说明了将来自全部孔径  $F_1$ - $F_n$  的信号聚焦到点 P 所需的延迟轮廓 40。正如在这一示例中对于孔径中心的点可以预料的那样,孔径中心的延迟是最大的,从此处到点 P 的发射时间最短,而孔径两侧的延迟是最小的,从此处到点 P 的发射时间最长。在所构造的实现方式中,假设中心焦点不需要延迟,这意味着对中心两侧的焦点的延迟是根据在时间上较早的接收信号的点得到的负延迟。

[0022] 根据本发明的原理,利用这一回顾性发射聚焦技术以生成来自像场中的点的回波信号,就好像从不同观察方向声穿透该点一样。不同的孔径用于不同的观察方向,这些孔径给出相对地与不同观察方向去相关的生成信号散斑分量,从而当将回波信号进行组合时,降低了整体图像散斑。参考图 3A,其类似于图 2D,通过变迹选择给定观察方向上的孔径。在这一示例中,变迹函数 50 是方波,其在换能器阵列的中心元件附近具有 1 值,而在阵列其他位置具有 0 值。应该理解的是,可以利用其他变迹加权,例如那些平滑变化函数或其他函数。中心变迹函数 50 导致利用(虚拟)换能器元件焦点  $F_x$ 、 $F_y$  和  $F_z$  的子孔径信号来在点 P 处形成信号。由延迟轮廓 40 的突出显示部分 42 延迟这些信号,以此产生点 P 的信号,就好像垂直于换能器元件的平面发射的发射波束声穿透点 P 一样,在图 3A 中用箭头标示出发射波束角  $\alpha_2$ 。

[0023] 图 3B 类似于图 3A,不同之处在于变迹函数 50 已经转移到换能器孔径的左侧以选择左侧的子孔径来形成 P 点的回波信号。当选择这一子孔径时,则好像从阵列左侧的观察方向询问点 P 一样产生信号。通过加权函数 50 选择阵列左侧的(虚拟)换能器元件  $F_A$ 、 $F_B$  和  $F_C$  的信号并通过延迟轮廓 40 的突出显示部分 44 所标示的延迟来延迟这些信号。组合信号产生回波等效于沿观察方向声穿透点 P,将该观察方向从左向右引导如图中箭头所示的角度  $\alpha_1$ 。在两个例子中,由不同子孔径的不同延迟造成的波束引导导致具有去相关散斑特征的点 P 信号。当检测并然后组合每个子孔径的组合信号时,缩减了点 P 处的散斑伪影。

[0024] 应该理解的是,上述回顾性波束引导可以用于其他目的,例如引导线性图像的产生等。

[0025] 典型的操作顺序如下所示。从换能器阵列发射一系列横向移位的波束。通常垂直于阵列平面( $\alpha_2$  方向)发射这些波束。针对每个发射波束,多线波束形成器在不同的横向位置接收多个波束。在一些实现方式中,不同的引导角可以用于所接收的波束。延迟和组合所接收的信号以形成接收的多线,这些接收的多线通过我们以前提交的专利申请中所述的回顾性发射聚焦在相当大的场深度上聚焦。回顾性发射聚焦延迟可以是分离的延迟或者可以包括在多线波束形成器延迟内。对接收信号的群组进行加权和相干组合,这影响回顾性变迹和发射波束的引导。每组信号针对具体观察方向上的不同子孔径。一般通过对数压

缩来检测组合信号以得到期望的对比分辨率,对共同点来自不同观察方向的检测信号进行组合以形成所显示图像的像点。

[0026] 如图 4A-4D 所示,使用不同孔径可以产生不同的波束引导方向(不同观察方向)。在图 4A 中,利用三个不同引导方向  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  和  $\alpha_3$  来声穿透位于像场中从虚拟换能器阵列起的较浅深度(聚焦深度)处的点  $P_s$ 。每个波束从虚拟换能器阵列的不同子孔径发射出来,这些不同子孔径通过不同的变迹函数 51、53 和 55 进行选择。

[0027] 在图 4B 中,相同的三个引导方向用于像场的更深的深度处的点  $P_d$ 。为了维持引导的波束处于相同的角度  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  和  $\alpha_3$ ,必须使用由选择不同子孔径的变迹函数 52、54 和 56 所标示的不同子孔径。这些子孔径必须使用处于不同位置和/或分布的虚拟换能器元件,以便在不同深度维持同一组观察方向。本领域技术人员将认识到子孔径可以像习惯上在超声阵列系统中那样动态扩展深度。

[0028] 在图 4C 和图 4D 中,在浅深度点  $P_s$  和较深深度点  $P_d$  均使用相同的孔径。虽然很容易产生直角( $\alpha_2$ ),但在较深深度处的相同孔径 51、53、55 的几何形状导致另两个不太陡的角度  $\alpha_1'$  和  $\alpha_3'$ 。通过在不同深度使用这些稍微不同的观察方向对散斑缩减的影响在大多数实现方式中可能不是显而易见的。图 4C-图 4D 的实施方式在靠近图像边缘处是有益的,在这里可用于回顾性聚焦的多线数量是有限的。

[0029] 图 5 以框图形式举例说明了根据本发明原理构建的超声成像系统。超声探测器 102 包括换能器元件的换能器阵列 104。由发射波束形成器 106 在相应的延迟时间启动所选择的换能器元件组,以便沿着该阵列从(一个或多个)期望起点开始发射波束。发射波束形成器通过发射/接收开关耦合到换能器元件,该发射/接收开关可以包括交叉开关,该交叉开关保护接收器输入免受所施加高压发射脉冲的影响。将由阵列 104 的每个换能器元件响应于每个发射波束所接收的回波施加到多线处理器 110a-110n 的输入上。每个多线处理器包括接收波束形成器,该接收波束形成器应用其自身的一组延迟并且根据需要应用变迹加权以对从阵列元件接收的回波进行加权,从而形成来自同一发射波束的经不同引导的接收波束。可以在例如美国专利 6,695,783(Henderson 等人)和美国专利 5,318,033(Savord)中找到用于多线处理器 110a-110n 的适当多线波束形成器。多线处理器 110a-110n 的输出耦合到线存储器 112,该线存储器至少存储所接收的多线直到已经获得形成显示数据线所需的所有多线。将用于形成一行特殊显示数据的一组多线应用于各个乘法器 116a-116n 以产生相应线位置的显示数据。如果需要,可以通过变迹加权器 114a-114n 对来自每条线的回波数据进行加权。一般来说,这些加权将作为每条线的发射脉冲响应的函数而对每条线进行加权。

[0030] 在以前提交的专利申请中,提出了以下加权和延迟算法。可以通过令项振幅( $x, z$ )等于发射波前在像场中位置( $x, z$ )处的点的声穿透振幅来导出适当的加权算法,方位角位置  $x = 0$  对应于发射波束的中心轴线。令  $X$  等于接受多线相对于发射波束轴线的方位角。为形成深度  $Z$  处的像点而施加到这一接收多线的权重为:

[0031] 权重( $X, Z$ ) = 振幅( $X, Z$ )

[0032] 为了确定合适的延迟特性,令传播时间( $x, z$ )等于发射波前到达位置( $x, z$ )处的点所需的传播时间,方位角  $x = 0$  还对应于发射波束的中心轴线。令  $X$  等于接收线相对于发射波束轴线的方位角。为形成深度  $Z$  处的像点而施加到这一接收多线的延迟为:

[0033] 延迟  $(X, Z) = \text{传播时间}(X, Z) - \text{传播时间}(0, Z)$

[0034] 其中传播时间  $(0, Z)$  是达到在轴线上相同深度处的点的时间。

[0035] 函数振幅  $(X, Z)$  和传播时间  $(X, Z)$  可以例如通过发射场的仿真而获得。计算传播时间的适当方式是利用场的相位延迟在若干频率下的单频仿真。可以通过对若干频率下的场的振幅取平均来计算振幅。此外,可以对加权应用依赖于深度的归一化。这将对给定深度处的所有权重均乘以共同因子。例如,可以对归一化进行选择,从而散斑区域在不同深度处具有均匀的亮度。通过使权重作为深度的函数进行变化,有可能动态地随着深度改变孔径的尺寸和形状(变迹)。

[0036] 在本发明中,如果将整个发射孔径的传播时间和振幅用于延迟和加权,则得到动态聚焦,但不实现引导。为了实现引导,第一种可能性是结合子孔径选择器来使用整个发射的传播时间和振幅,从而仅将延迟和加权施加于用于给定引导方向的虚拟换能器,如图 3 所示。子孔径选择器的作用是向对波束没有贡献的虚拟换能器应用等于 0 的权重。理想情况下,子孔径随深度的变化而变化。

[0037] 另一种可能性是仿真由物理阵列的子孔径所生成的场。例如,假设必须生成三个引导方向的信号。那么,可以将整个发射孔径划分为三个子孔径,并针对三个子孔径中的每一个来仿真场。将波前的振幅和传播时间用于相应引导方向的延迟和加权。在这种情况下,子孔径选择器不再是必需的,因为通过加权实现了其功能。

[0038] 不需要从系统中所用的精确发射特性的仿真中导出振幅和传播时间。例如,设计者可以选择使用不同的孔径尺寸或不同的变迹。

[0039] 通过乘法器 116a-116n 对来自每条线的回波进行加权并通过延迟线 118a-118n 对其进行延迟。通常,如上所述,可以使这些延迟与中心在接收线位置的发射波束的位置相关。使用这些延迟来补偿相移变化,该相移方差逐线存在于具有不同发射-接收波束组合的多线中,从而组合信号的相差不会导致信号抵消。

[0040] 应该理解的是,在数字系统中,可以通过将加权的多线回波数据存储在存储器中并在稍后的时间读出实现必要延迟的数据来实现延迟线。不同长度的移位寄存器和时钟信号也可以用于实现数字延迟,或者可以使用诸如前面提到的美国专利 6,695,783 所述的内插波束形成器。通过加法器 120 组合被延迟的信号并将合成的信号耦合到图像处理器 122。图像处理器可以执行扫描转换或其他处理以改进所显示的图像。所合成的图像显示在图像显示器 124 上。

[0041] 在图 5 的系统中,延迟线 118 和加法器 120 实现了对从几个接收多线接收的信号进行重聚焦,这几个接收多线在给定方向上同轴对准。该重聚焦对由于每个多线使用不同的发射波束位置而造成的相位差进行调节,防止在组合信号中出现非预期相位抵消。加权器 114 对多线对于发射波束与多线位置的接近性的贡献进行加权,赋予具有更高信噪比的发射波束以更高的权重。这导致了沿每个接收线扩展的场深度和由于每个接收线方向上多个采样的组合引起的穿透性增强(信噪比提高)。

[0042] 如我们的待决的专利申请所述,内插多个接收信号的这一处理将致使引导到垂直于转换器阵列 104 的波束的回波信号的发射重聚焦。在本发明的实现方式中,由延迟线 118 提供引导方向和在所选方向上的聚焦这两者。对于执行空间复合的本发明的实现方式,如结合图 4 所述,也必须选择引导波束的子孔径。在图 5 的实现方式中,通过变迹加权器 114



来选择子孔径,该变迹加权器 114 加强期望的子孔径的信号而衰减或忽略来自阵列的其他区域的信号。因此图 5 中的加权器 114 选择引导波束的子孔径,且延迟线 118 给出必要的引导和聚焦延迟。然后通过加法器 120 组合所延迟的信号以形成回顾性引导的发射波束。然后通过检测器 130 检测引导波束的相干回波信号以形成观察方向 1 ( $LD_2$ ) 的波束。

[0043] 针对其他观察方向(在本示例中为  $LD_1$  和  $LD_3$ ) 执行同样的子孔径选择处理和引导。当针对图像中的特定点处理和检测了所有期望观察方向(在本示例中为三个方向)上的信号时,通过加法器 140 来组合信号以形成散斑缩减的信号。通过图像处理器 122 来处理图像数据,该图像处理器 122 执行诸如对期望的图像格式进行扫描转换的功能,且在显示器 124 上显示图像。在特殊实现方式中,如果需要可以以其他顺序执行图 5 的功能。例如,可以扫描转换每个观察方向上的检测信号,然后通过加法器 140 组合所扫描转换的信号数据。

[0044] 为了通过空间复合提供散斑缩减,可以利用不同的观察方向来发射、来接收或者进行这两者。前述处理通过回顾性引导初始时垂直于换能器阵列的平面发射的波束来实现不同的发射观察方向。可以以几种方式来实现接收观察方向的发散性。一种方式是通过选择多线处理器所用的适当延迟轮廓和变迹来实际引导接收的波束。初始的发射波束是垂直于阵列平面发射的,而在接收时将接收波束引导到不同的方向,这在本领域是公知的。作为替代,可以回顾性应用接收引导。在垂直于阵列发射这些发射波束后,在相同方向上接收多线。对于给定的发射,可以通过适当地延迟不同的多线接收波束并对其进行加权来形成回顾性引导的接收波束。然后可以如上所述执行回顾性发射内插。作为替代,可以在单个阶段执行接收和发射内插,由此延迟、加权和组合来自若干发射事件和若干接收位置的接收多线,以形成给定的来回收发线。图 6A 举例说明了应用于垂直于阵列接收的多线的示例性延迟轮廓。仅针对前几个发射定义轮廓曲线 80,表示其针对虚拟换能器阵列最左侧的子孔径。图 6B 举例说明了针对在接收时已经被引导的多线的延迟轮廓 90。延迟曲线 90 的斜率表示这些延迟的基本线性引导项。

[0045] 本领域技术人员容易想到本发明的各种变型。例如,发射的波束并不是必须垂直于阵列表面发射,而是可以以锐角(例如其他引导角中的一个)发射。不同的子孔径并不是必须完全相互区分的。在其他实现方式中,可以通过内插额外的中间多线来增加少量的接收多线,然后对所增加的少量的多线执行本发明的处理。可以分别实现子孔径选择和波束引导延迟或者与多线处理器的变迹和延迟合并在一起。引导波束可以用于其他用途,例如仅在二维图像的横向侧边引导以形成梯形图像格式。与标准空间复合相比,本发明的实现方式可以提供很好的运动伪影抗扰性,因为仅需要单一的像场扫描来形成不同的引导方向。产生图像所需数据的扫描时间得以降低,并因此缩减运动伪影。

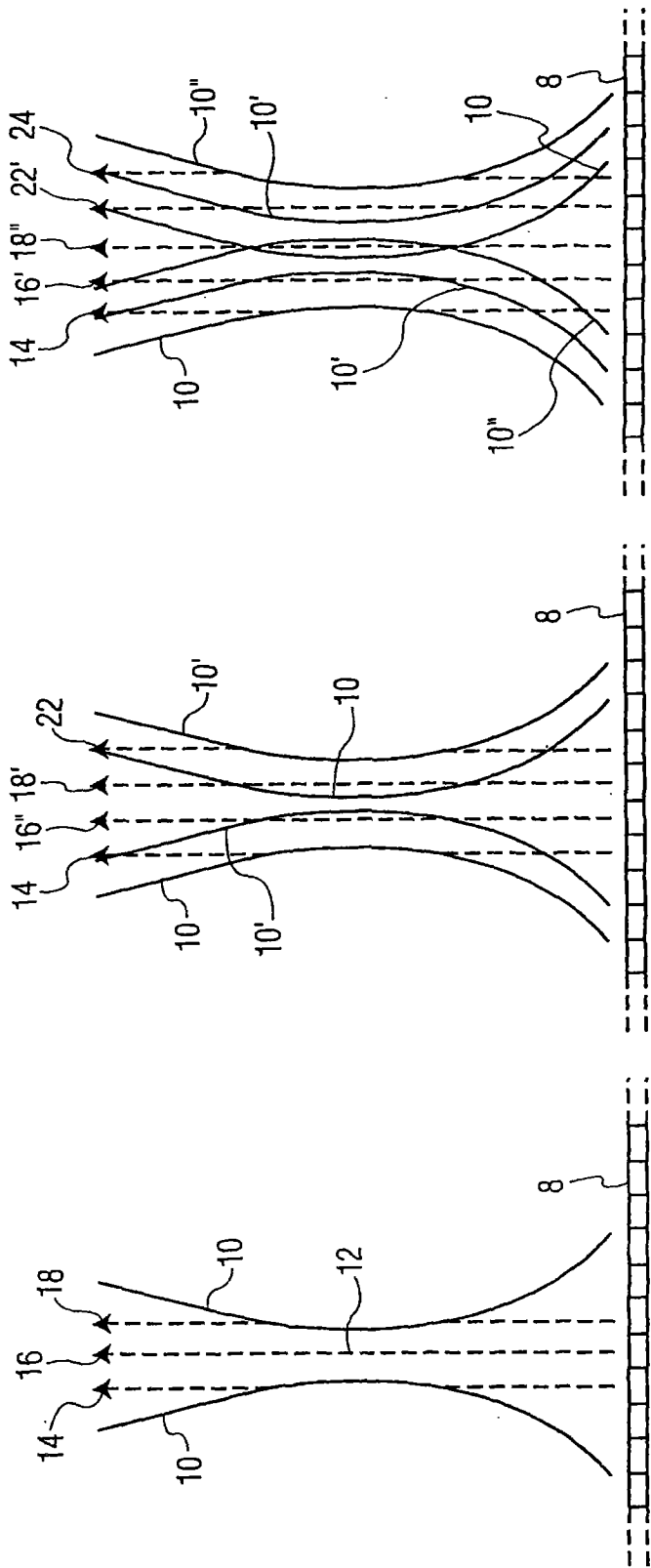


图1A

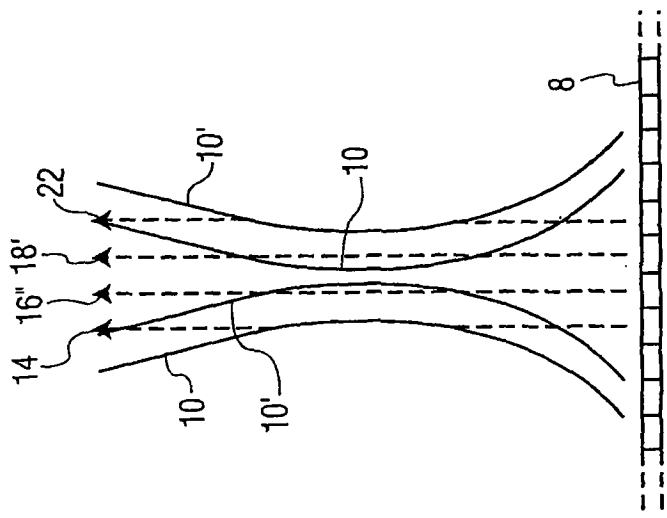


图1B

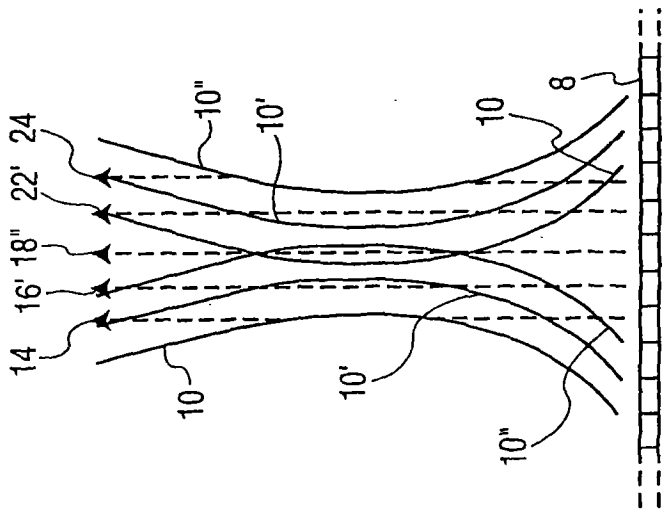


图1C

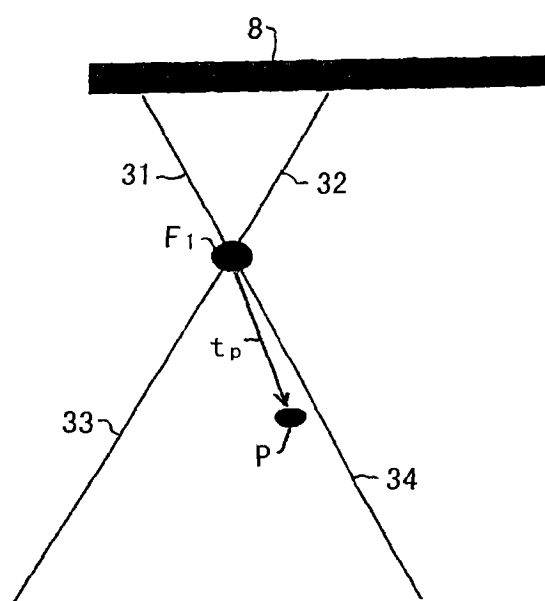


图 2A

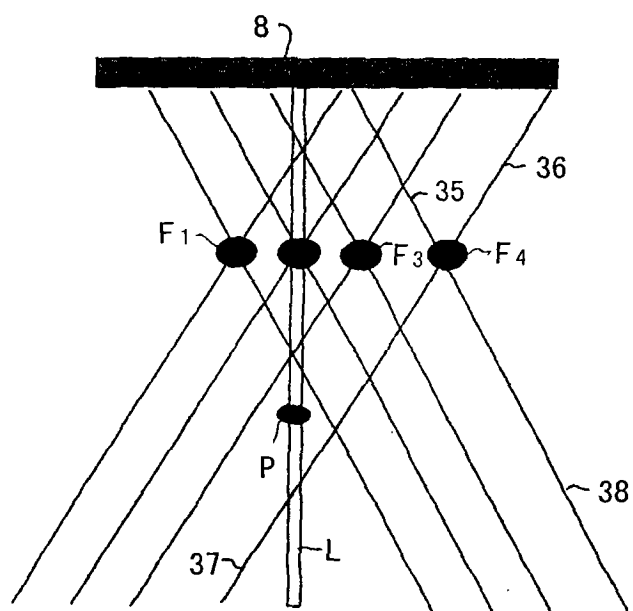


图 2B

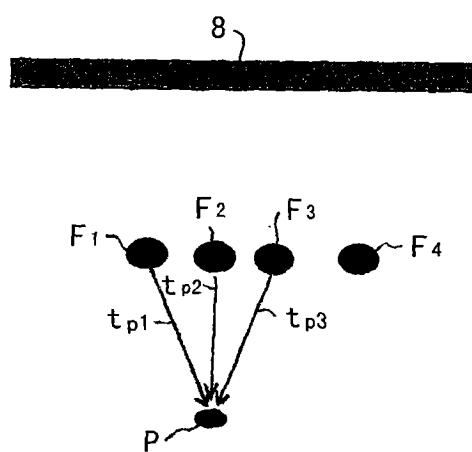


图 2C

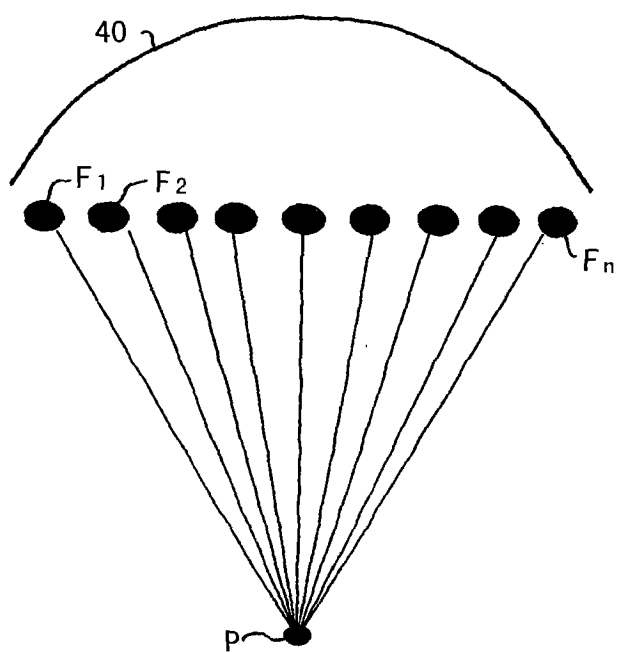


图 2D

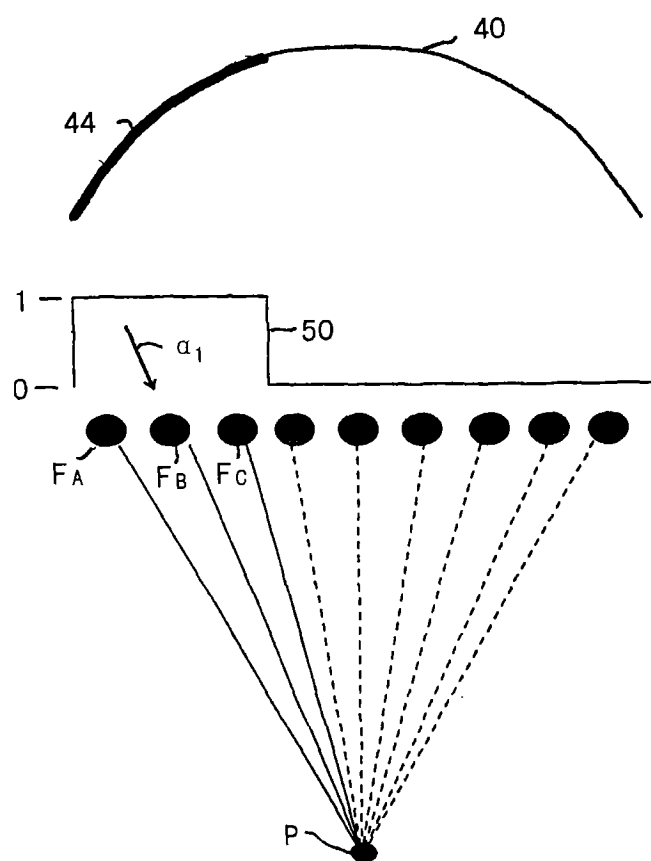


图3B

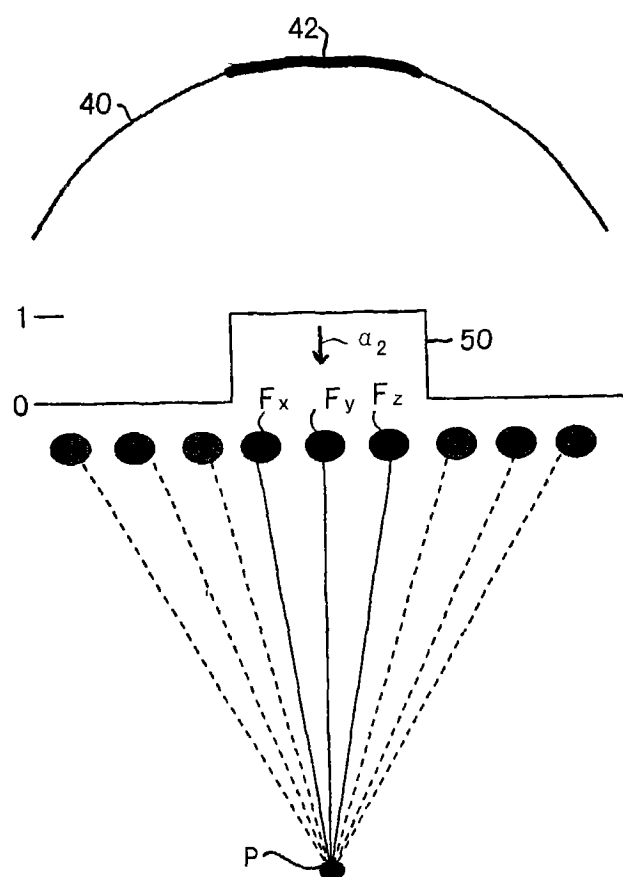


图3A

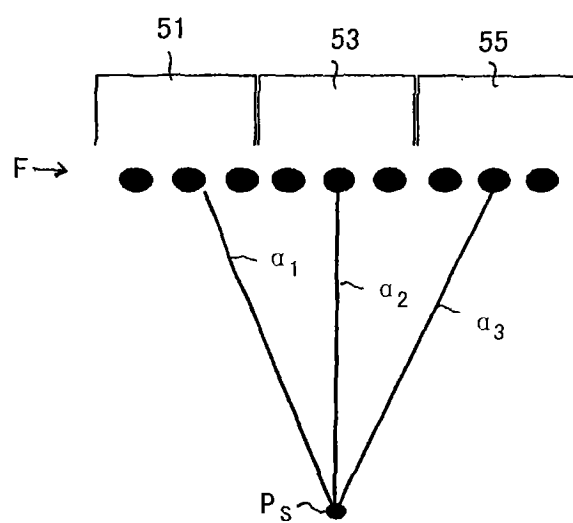


图 4A

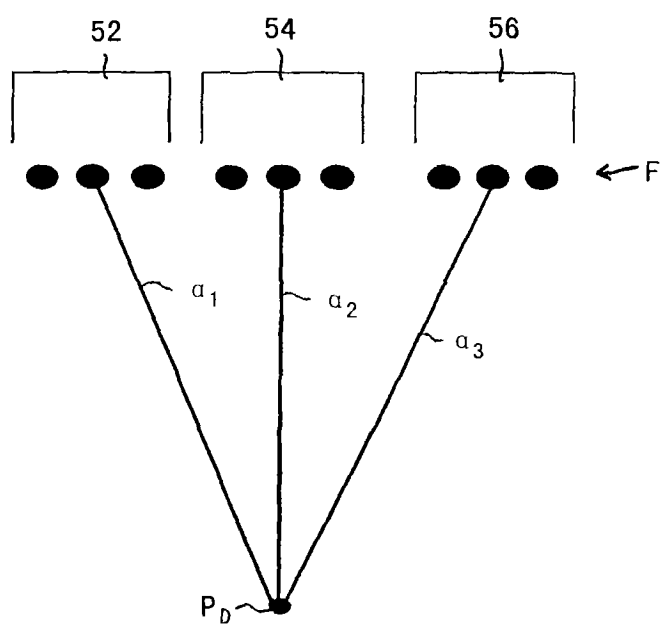


图 4B

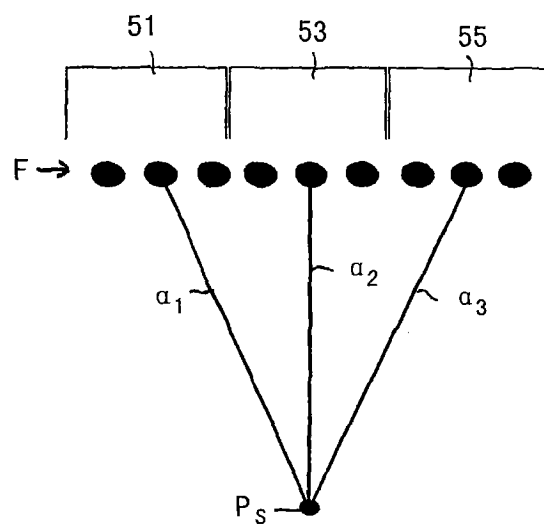


图 4C

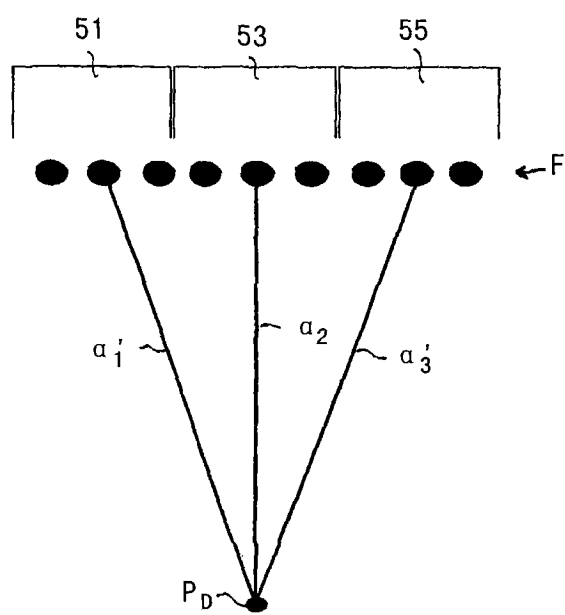


图 4D

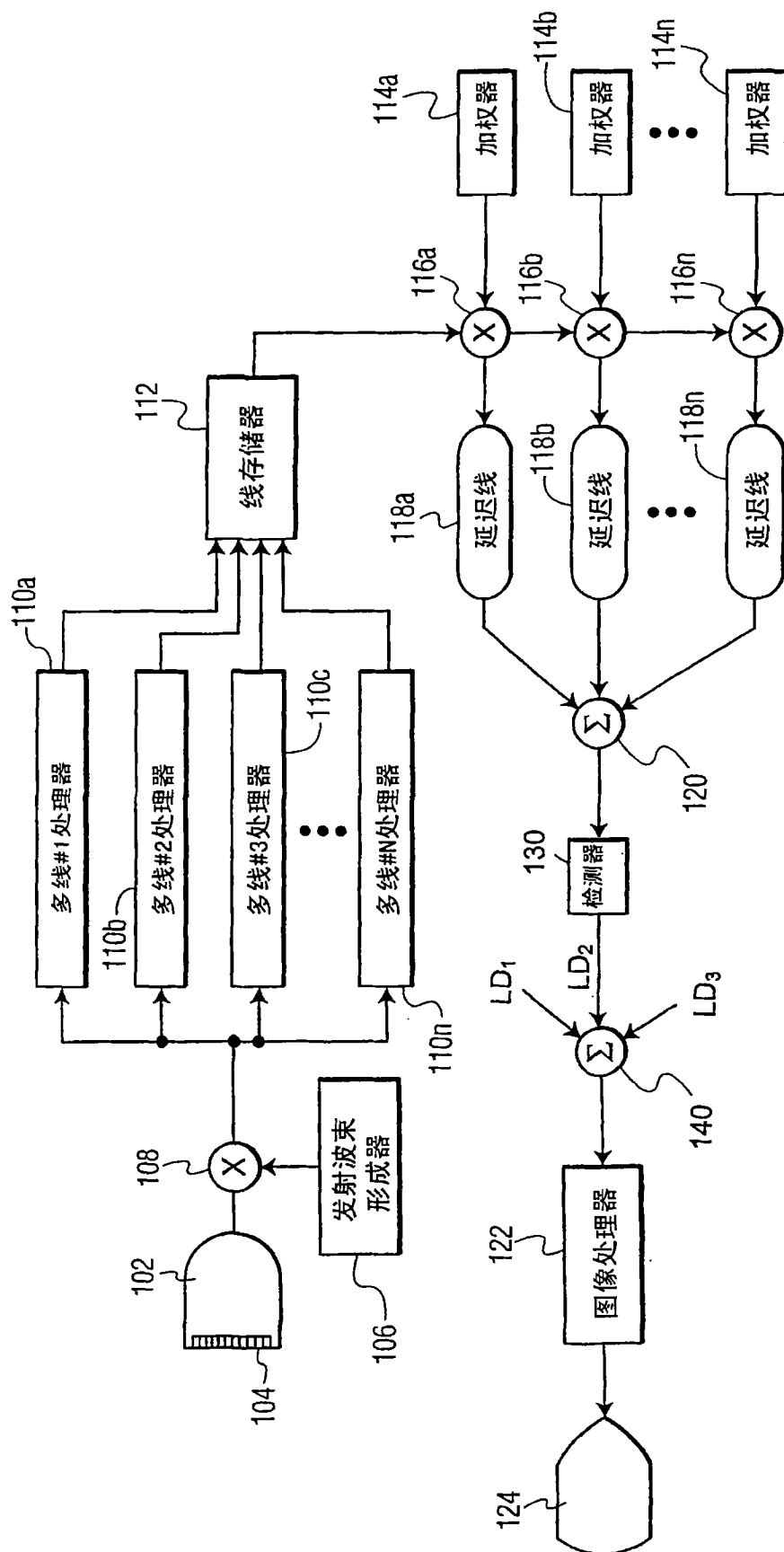


图5

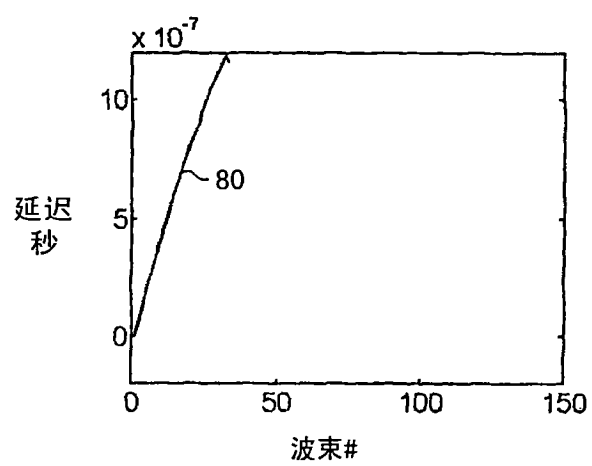


图 6A

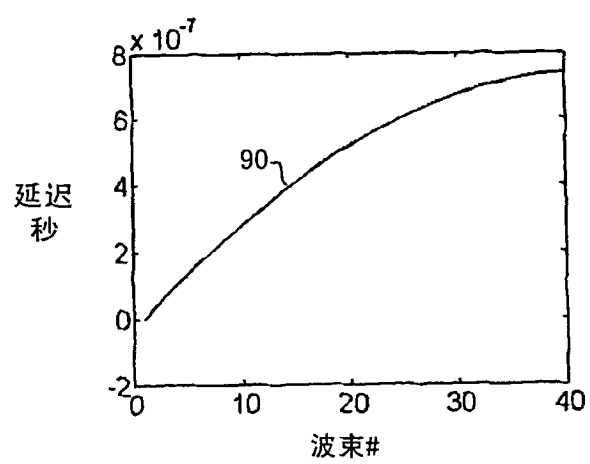


图 6B



专利名称(译)	用于空间复合的回顾性动态发射聚焦		
公开(公告)号	<a href="#">CN101442939B</a>	公开(公告)日	2012-05-30
申请号	CN200780017122.X	申请日	2007-04-17
[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	M伯切 J罗贝尔		
发明人	M· 伯切 J· 罗贝尔		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	G01S7/5209 G01S7/52095 G01S7/52047 G01S7/52028		
代理人(译)	王英		
审查员(译)	黄曦		
优先权	60/911343 2007-04-12 US 60/747148 2006-05-12 US		
其他公开文献	CN101442939A		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

# 摘要(译)

一种超声诊断成像系统发射与换能器孔径垂直的多个聚焦波束并接收响应于每个发射波束的多个接收线。通过变迹来定义换能器孔径的子孔径，并且将子孔径的信号对准并进行组合以产生展现出相对于子孔径以不同角度引导的发射的作用的信号。检测所引导的信号并将涉及到像场中公共点的检测信号进行组合。利用所组合的检测信号来产生具有缩减散斑的超声图像。

